

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 生物科

佳作

080310

臥虎藏龍—紅邊大龍蝨生態行為之研究

學校名稱：臺南市柳營區柳營國民小學

作者： 小五 黃詩婷 小五 陳心蕙 小五 劉 莉 小五 楊于寧 小五 林欣怡 小五 陳亮宇	指導老師： 鄭東益 張喬茵
---	-----------------------------

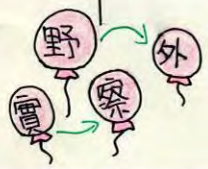
關鍵詞：紅邊大龍蝨、生態棲位、動物行為

紅邊大龍蝨

一、紅邊大龍蝨的採集 & 物種鑑定

二、記錄及觀察成蟲形態特徵

文獻探討 & 物種鑑定



哇! 前面有味道, 趕快去看看吧!

飼養觀察

探討紅邊大龍蝨的生態棲位

探討紅邊大龍蝨的動物行為

紅邊喜歡吃什麼食物

誰是水中最厲害的清潔工?



游泳行為

紅邊的覓食選擇偏好

飛行行為

爬行行為

紅邊在潮溼的泥土其生存力是多久

紅邊在水中的耐飢力是多久



釋放分泌物

潛水行為

紅邊是靠嗅覺或視覺來搜尋獵物

紅邊喜歡棲息在水體中的上、中、下哪一層

群聚或獨居

取食量 & 密度的關係

紅邊偏好何種顏色的環境

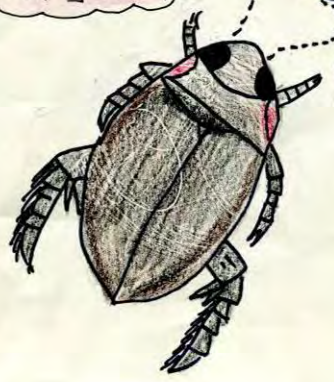
震動及溫度的改變是否會改變紅邊嗅覺的接受度而影響搜尋速率

衝啊!

競爭行為

紅邊偏好哪一種底棲環境

紅邊喜愛高溫或低溫



紅邊對於各項水質的環境耐受度



參、研究設備與器材


紅邊大龍蝨的採集	蝦籠 12 個、保麗龍塊、尼龍繩、水棲昆蟲捕捉網 3 支、大麥蟲、大肚魚、朱文錦魚等屍體(向水族館要的)及虱目魚肉、豬肉(向菜販要)。
形態、特徵觀察	培養皿、圖畫紙、解剖顯微鏡 20&40 倍率、鑷子 5 枝、昆蟲針、放大鏡、電子游標尺、數位相機。
生態棲位相關實驗	玻璃魚缸(60cm×25cm×35cm)3 個、硬塑膠昆蟲箱(28cm×18.6cm×16.9cm)20 個、軟塑膠飼養箱(25cm×15.2cm×14.8cm)20 個、高桶箱(70cm×45cm×40cm)一個、低桶箱(70cm×45cm×13cm)一個、保麗龍箱(57cm×35cm×13cm)二個、顏色不同的底石、沙子和土壤、數位相機、DV 攝影機、可控溫加溫棒 3 組、碼錶 5 個、溫度計 5 枝、冰塊、冰醋酸、氫氧化鈉、電子秤、鹽、沙拉油、肥皂、pH 儀、微量電子秤。
動物行為相關實驗	橡膠手套、皮尺、碼錶、綿線、長臂蝦、福壽螺、琵琶鼠魚、夾鏈袋、長尾夾、福壽螺(卵)、囊螺、大肚魚、水蠹(蜻蜓、豆娘)、蝌蚪(赤蛙科、蟾蜍科)

肆、研究過程、方法、結果及討論

【研究一】紅邊大龍蝨(本研究報告簡稱為紅邊)的採集與文獻探討

一、文獻探討與物種鑑定：

- (一)方法:搜尋網路上的資料及昆蟲類相關書籍進行閱讀與整理並請某昆蟲館館員協助鑑定。
 (二)結果:發現在臺灣物種名錄網站、張永仁的昆蟲圖鑑有記載以及曾有人研究過紅邊的生活史及產卵行為，歸結資料如下表 4-1: 表 4-1 紅邊分類地位及與點三的差異比較

分類地位如下: Kingdom Animalia 動物界 Phylum Arthropoda 節肢動物門 Class Insecta 昆蟲綱 Order Coleoptera 鞘翅目 Family Dytiscidae 龍蝨科 Genus Cybister 大龍蝨屬 Cybister sugillatus Erichson, 1834 紅邊大龍蝨	
	龍蝨的幼蟲俗稱水老虎(water tiger)

台灣龍蝨科現有的紀錄有 27 屬 61 種，其中 *Cybister* 屬的有 7 種，去年學長姐研究點刻三線大龍蝨(*Cybister tripunctatus*)，而我們要研究的物種是紅邊大龍蝨(*Cybister sugillatus*)，兩者外型皆為橢圓形、兩片翅鞘上各有縱向點狀刻痕線三條，幼蟲期皆為三齡，性情兇猛俗稱水老虎(water tiger)。雄蟲前足跗節前三節皆特化為吸盤狀、後足為游泳足，其差別在於前者體色呈墨綠色、背面兩側具黃褐色長條斑紋而且平均體長體寬較大，而後者無強光照射時體色呈黑色，有打閃光時體色才呈墨綠色，惟無黃褐色長條斑紋且前胸背板左右兩側側緣呈現帶狀紅色，前足、中足及後足也呈現紅褐色及黑褐色而翅鞘背面末端有兩點紅色圓點，當有光線照射時才

看得出來，因此中文名稱爲紅邊大龍蝨。其爲完全變態類昆蟲，生活史爲卵→幼蟲→蛹→成蟲。依據前人(林益在，2005)的研究「紅邊大龍蝨之產卵行爲與各蟲期的發育」指出(1)在水溫 28°C 環境下完成生命史需 74.15 日。(2) 雌蟲一次交尾之產卵量平均爲 52.25 個。(3) 雌蟲於交尾後第三天至第四天達到產卵盛期，產卵盛期時產下一粒卵所花的時間最短，僅 8.37 秒。

(三)討論:整理文獻後，我們發現雖然前人已研究過紅邊的一些生物學，但仍有許多未知的面向，而且僅有的生物資訊不能滿足我們對紅邊的好奇心，於是我們邊飼養邊細心的觀察，發現許多有趣的生態行爲，於是我們設計文獻上所沒有的實驗，想徹底地研究這看似可愛卻又血腥的清道夫-紅邊大龍蝨。



點刻三線大龍蝨(*Cybister tripunctatus*)

此照片取自科展作品「犀利水龜-點刻三線大龍蝨全記錄」

紅邊大龍蝨(*Cybister sugillatus*)體型比點三稍小。

照片由來爲我們自己所攝影的，本研究物種紅邊大龍蝨全部實驗的照片皆爲自己所拍攝。

二、野外實察：

(一)調查方法:

1、捕捉地點：如下表表 4-2;右圖紅點爲野調的地點。表 4-2:野調地點記錄表

編號	野調地點	下表爲利用車上 GPS 定位系統所呈現的野外調查點的座標。
1	白河區蓮花田	E120°24'56" N23°21'20"
2	白河區鹿寮水庫	E120°28'44" N23°23'11"
3	善化區蓮花田(1)	E120°19'26.2" N23°7'65"
4	善化區蓮花田(2)	E120°19'27.9" N23°7'50"
5	柳營區埤塘	E120°20'23.6" N23°15'50.1"
6	柳營區荒廢蓮花田	E120°18'98" N23°16'25.5"
7	官田區菱角田(1)	E120°20'14.3" N23°10'51.6"
8	官田區菱角田(2)	E120°19'17.3" N23°11'42.8"



ps: 善化區蓮花田(1)已於今年 1 月改種經濟作物-火龍果了。

2、捕捉方式：(1)蝦籠式誘餌陷阱法(bait trap)：將蝦籠用尼龍繩及竹筷子固定於田埂邊，籠內放置餌料(魚屍體、麥皮蟲及碎豬肉)並在兩邊綁上保麗龍球使其能漂浮於水面上，以便誘捕到

水生昆蟲不致於窒息死亡，約五公尺放置一個蝦籠，每個樣區共設 3~7 個陷阱，於三~七天收籠。

- (2) **等待網捕法(netting)**：在岸邊等待紅邊起來呼吸時，快速用昆蟲網撈起。
- (3) **等待誘餌垂釣法**：利用餌料的腥臭味吸引龍蝨過來，搭配等待網捕法撈起龍蝨。

		
等待網捕法	撈到一些水生昆蟲	柳營菱角田樣區之一
		
蝦籠式誘餌陷阱法	善化蓮花田樣區之一	收籠時一並計數物種數量
		
善化蓮花田樣區之二	白河蓮花田樣區	官田菱角田樣區之一
		
設置蝦籠	等待誘餌垂釣法	等待誘餌垂釣法(近照)

圖 4-1 捕捉樣區及捕捉方式

(二)結果：捕捉到的水生動物總數如下表 4-3:水生動物總數 時間:101.9 ~102. 3

物種	紅邊大龍蝨	毛足大龍蝨	姬龍蝨	橙斑大龍蝨	灰龍蝨	點刻三線大龍蝨	姬牙蟲	負子蟲	水蠶	水螳螂
總計	135	4	434	86	3	118	388	178	33	4

註：1.捕捉到其他水生生物(三星鬥魚幼魚、翻轉螺、福壽螺、扁蝨、草蝦、鯰魚、水蛇)就不計列在上表。2.野調的日期及捕獲的物種、隻數詳見實驗日誌。

(三)討論：1.我們主要的誘集法為蝦籠式誘餌陷阱法，以此方法採集到的數量較多，等待捕網法需靠運氣，而且往往抓不到，由於龍蝨受到驚擾後，會到處在底層亂竄，擾動了水田裡底部汙泥，使得該區域呈現混濁狀態，因此往往敗興而歸。2.我們也發現能誘集到紅邊的水田主要以長期種植蓮花的水田為主以及岸邊需是泥土而非水泥，推測其原因為蓮花的莖能讓雌紅邊產卵，而且三齡幼蟲化蛹時需上陸築蛹室，因此在二輪作的菱角田及水泥化的水田便無紅邊的蹤跡。※下圖為長期野調過程中所誘集到的水生昆蟲照片。

		
姬龍蝨	姬牙蟲	灰龍蝨
		
豆娘水蠶	蜻蜓水蠶	不同品種的蜻蜓水蠶
		
點刻三線大龍蝨	誘集到水蛇已死亡便充當餌料	常常同時誘集到紅邊及點三
		
負子蟲	水螳螂	最高紀錄為一個蝦籠有 10 隻紅邊

圖 4-2 野調所誘集到的水生昆蟲

【研究二】觀察成蟲形態、特徵

一、飼養觀察：

(一)方法：在學校、家中以水族箱、水箱等容器長時間飼養、觀察、測量並拍照、錄影。

1、量測成蟲的體長、最大體寬(腹部第一節)

2、觀察成蟲各部位構造及功能：描繪的部位包括全身背部、全身腹部、觸角、大顎鬚、下唇鬚、口器、前足、中足、後足及呼吸板、氣孔等主要分類特徵。

(二)結果：








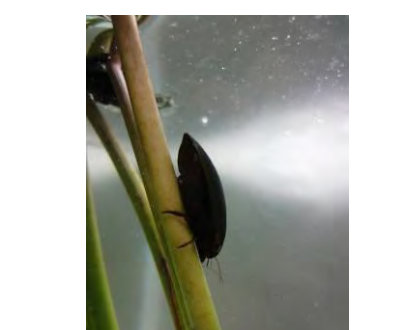

		
室內觀察區之一	室內觀察區之二	室內觀察區之三
		
室內觀察區之四	室內觀察區之五	室內觀察區之六
		
餵食紅邊	紅邊雌攀附住水芋莖準備產卵	發現水芋莖上紅邊咬的洞

圖 4-3 長期飼養觀察照片

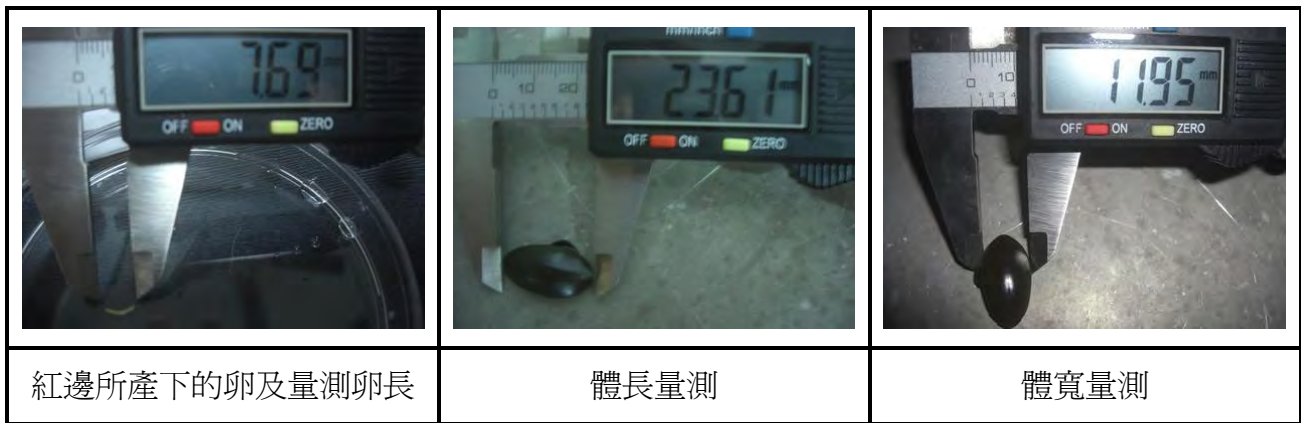


圖 4-4 測量蟲卵及成蟲體長、體寬圖

1、成蟲的體長、體寬: (n=10) ※雌蟲稍大於雄蟲

表 4-4: 雄雌蟲體長、體寬比較表

單位(mm)	雄蟲(♂)	雌蟲(♀)
體長平均	22.11	22.84
體寬平均	11.58	11.88

- 註：1、體長為頭部尖端至腹部尾端。
 2、體寬為身體最寬處(腹部第一節)。
 3、從野外捕捉的成蟲隨機抽樣雄 10 隻、雌 10 隻。
 4、平均長度為四捨五入取至小數第二位。

2. 在文獻「紅邊大龍蝨之產卵行為與各蟲期的發育」中已提到紅邊大龍蝨在水溫 28°C 時的生命史(如下表 4-5)而且本研究著重在生態行為領域，因此我們便不重複其生命史的實驗。(但仍有設置能提供繁殖環境的水族箱，使其能孕育下一個世代)

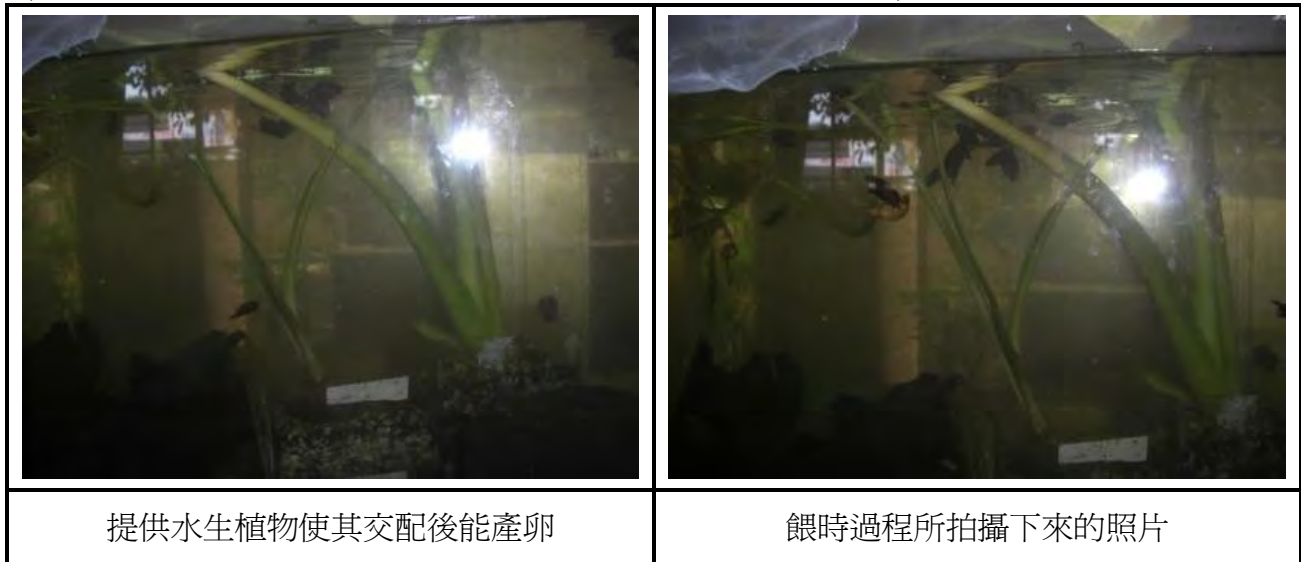


圖 4-5 水族箱內設置產卵的環境圖

表 4-5 紅邊大龍蝨在水溫 28°C 時各期的發育表

各發育日數	卵期	一齡齡期	二齡齡期	三齡齡期	蛹期	總計
單位:日	13.16	7.42	10.29	16.07	27.25	74.19

註: 上表 4-5 引自文獻「紅邊大龍蝨之產卵行為與各蟲期的發育」的紅邊生命史資料。

3. 成蟲各部位構造及功能：將形態觀察的描述、手繪圖及攝影照片整理如下：

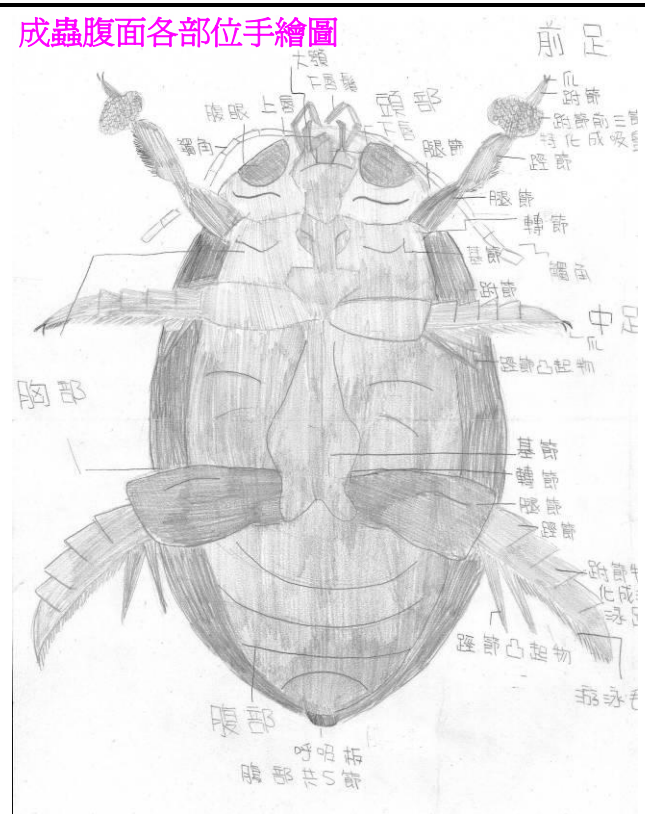
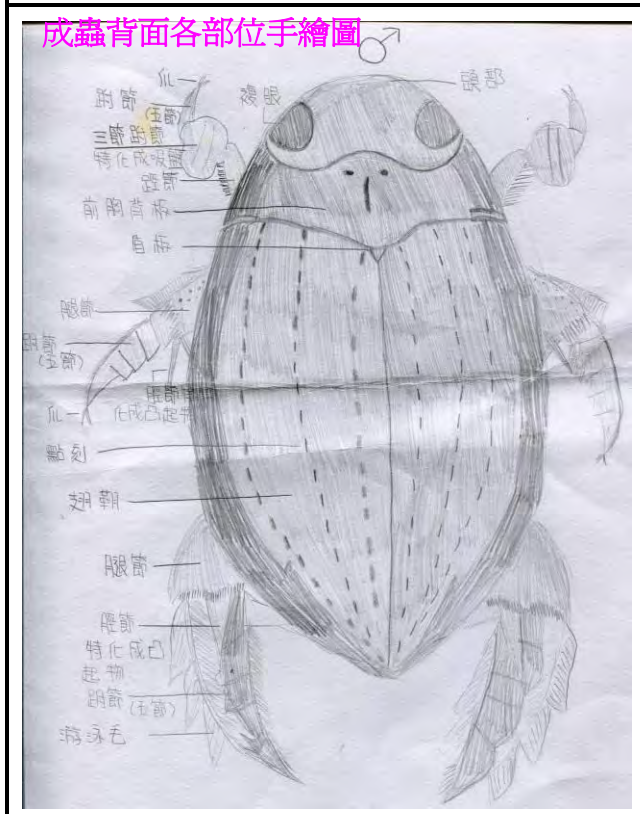

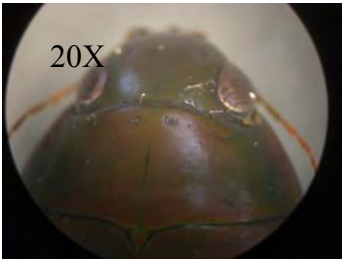

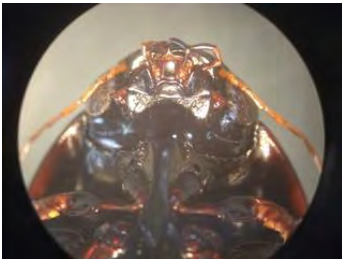

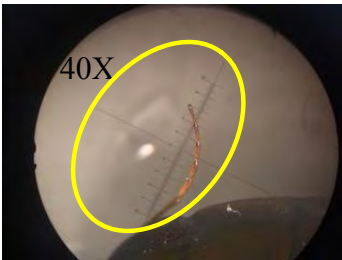

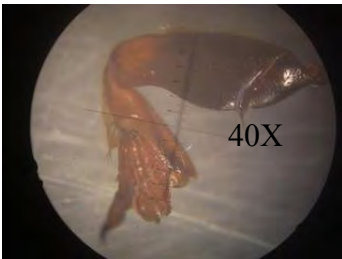




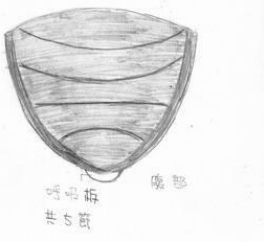



圖 4-6 雄成蟲標本及手繪圖

表 4-6 成蟲各部位構造及功能描述表

部位	描述	手繪圖	照片
頭部(背面)	頭部背面明顯看出兩顆複眼、無單眼、有一對觸角、一對大顎鬚(從腹面延伸出來)		
頭部(腹面)	有大顎(咀嚼式口器)、小顎、下唇、觸角、大顎鬚、下唇鬚等構造。		
觸角	(1)為絲狀具有 11 節，從口器上方，兩顆複眼中間長出。(2)第二節特別短約 0.375 mm，全長約 2.5mm。(4)顏色由黃褐到紅褐色分布。		
前足(雄)	腿節為黑褐色，其餘各節呈黃褐色。跗節有 5 節，但前三節特化呈掌形吸盤，用肉眼即可觀察得出。吸盤功能在於交配時能吸附住雌蟲以順利交配。		
前足(雌)	腿節與跗節呈黑褐色，其餘各節呈漸層黃褐色。跗節也是 5 節，剛毛主要分布脛節外部。		
中足	脛節內側有明顯的兩條突起刺，可用來自我保護，全足呈現黑褐到紅褐分布;其跗節也為 5 節。		

後足游泳足	<p>脛節突起刺更為明顯，長約有 2.5mm，被刺到稍有疼痛感;全足為黑褐色居多，但剛毛及脛節呈現紅褐色。其附節也為 5 節。明顯特化呈游泳足，其游泳時剛毛會豎起以推動水而前進。</p>		 <p>20X</p>
腹部	<p>後胸下一節算起到腹部末端共 5 節;其對外氣孔位在腹部背面(翅鞘下)第一節，左右兩側各一個。紅邊游至水面上呼吸換氣時是利用呼吸板吸氣將氣體儲放在外翅內腹甲上，在背內形成氣泡層，即為腹甲式呼吸法。</p>		 <p>20X</p>
呼吸板	<p>為腹部最末節的一個內縮構造，僅有紅邊要游至水面換氣時才會伸出。雌雄呼吸板形態幾乎無明顯差異。</p>		
氣孔	<p>剪去剛死去成蟲的上翅，在胸部(背面)第一節的左右兩側有明顯的氣孔。(右圖為胸部右側的一個氣孔)</p>	 <p>40X</p>	
腹部背面翅鞘	<p>腹部相對於第四節背面翅鞘處有兩個紅色金屬光澤斑點，需有光線照射而反射才會顯現，否則為近似翅鞘的黑褐色。</p>	<p>由於頭部為較重要的部位，推論演化後的功用在於讓天敵誤以為尾端為頭部(模擬為複眼)，以迷惑天敵，保護自己。</p>	

註:目鏡測微尺上的每一個最小刻度在放大倍率是 20X 時是 0.05mm，在 40X 時是 0.025mm。

【研究三】探討紅邊大龍蝨的生態棲位

一、紅邊喜歡吃什麼食物?

(一) 方法：餵食不同類別的食材：

1. 活體類：福壽螺及卵、囊螺、大肚魚、水蠶(豆娘、蜻蜓)、蝌蚪(赤蛙科)、大麥蟲、仰泳蝽、姬牙蟲、姬龍蝨、負子蟲、蝦子(黑殼蝦、溪蝦)、孑孓(家蚊)
2. 屍體類：赤紅蟲、蛾、蒼蠅、蚊子、碎豬肉、魚屍、蜈蚣…等。
3. 植物類：空心菜、油菜、水梨、番茄、香蕉、橘子。 ※觀察是否會進食?

			
吃食溪蝦	吃食福壽螺卵(已吃完)	吃食福壽螺	吃食蛾屍體
			
吃食蜈蚣屍體	吃食大肚魚	吃食麥皮蟲	吃食水蠶 1
			
吃食水蠶 2	吃食蒼蠅	吃食孑孓	吃食負子蟲
			
吃食黑殼蝦	各類植物食性實驗	各類植物食性實驗近照	吃食牛蛙蝌蚪

圖 4-7 紅邊吃食不同類別的食材

(二) 結果：

表 4-7 對於不同食材的進食結果表

會進食的類別	部分進食類別	不會進食的類別
動物屍體類全部吃食	仰泳蝽、姬牙蟲、姬龍蝨、負子蟲、蝦子(黑殼蝦、溪蝦)、孑孓(家蚊)	植物類全部不吃食

(三) 討論：1.實驗過程中發現活體餌料移動速度較敏捷者，比較不會被紅邊所捕捉，而像螺類、水蠶、蝌蚪…等行動速度較緩慢者常常被吃食或者些許大肚魚感覺較不健康者也被捕捉吃食;至於吃食孑孓部分，我們觀察的結果是紅邊能吃食到孑孓是誤打誤撞，游至有孑

平的位置時剛好捕捉到吃食 2.植物類包含葉菜類、果實類皆不進食。3.由於水生及陸生動物屍體皆會吃食，令我們感到好奇的是一般淡水生態系中有哪些分解者呢?又這些物種中哪種分解效率較高呢?於是我們設計了底下實驗。

二、「誰是水中最厲害的清道夫」

(一)方法：1.查閱書中及網路資料，歸納淡水中的分解者。2.將福壽螺、翻轉螺、溪蝦、姬龍蝨、紅邊、琵琶鼠魚各放入一公升的容器，放入 500 cc 的水，再各別放入一隻體長約 1.5cm 的大肚魚屍體。3.記錄從放入大肚魚屍體即用碼表開始計時到吃食完畢所需的時間，以同物種不同個體重複實驗 3 次(分為 ABC 三組次)。

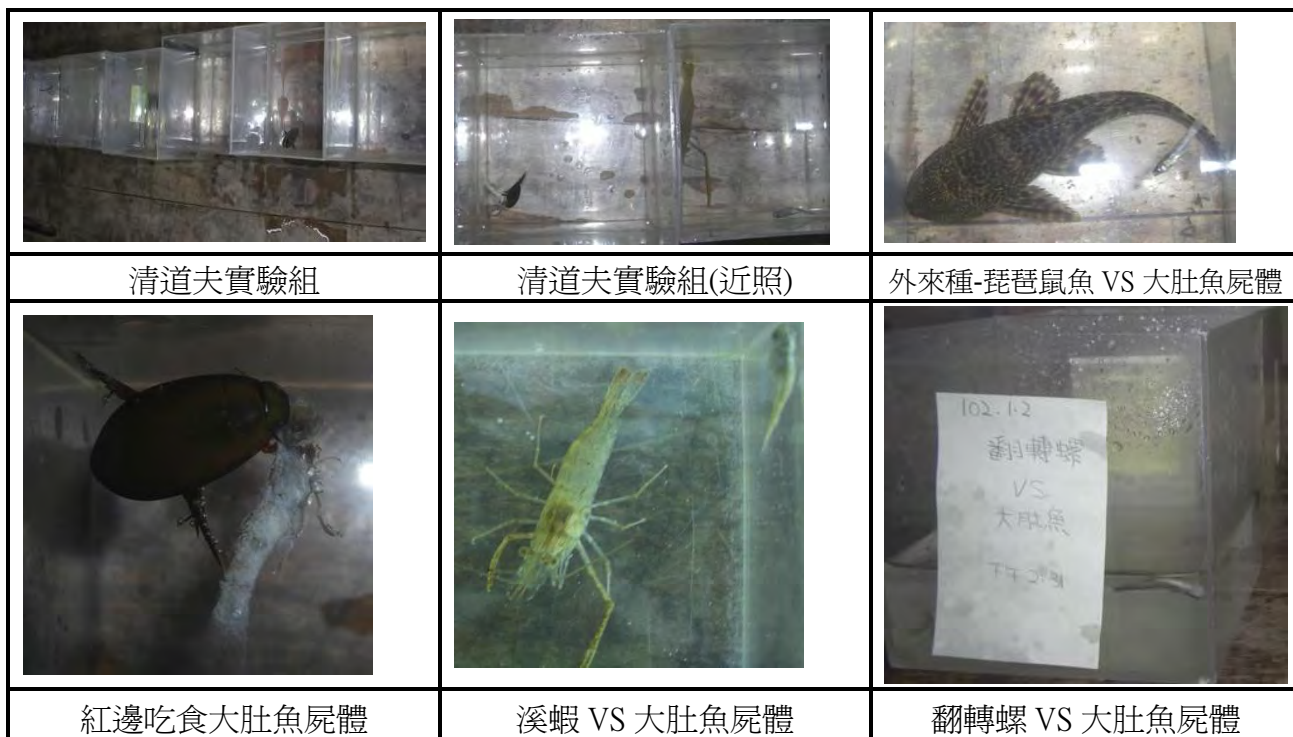


圖 4-8 水中分解者(清道夫)實驗

(二)、結果:如下表 4-8

表 4-8 各分解者清除大肚魚屍體的時間表

清道夫物種	福壽螺	翻轉螺	溪蝦	姬龍蝨	紅邊	琵琶鼠魚
吃完所花時間 A	8 日 2 時	17 日	5 日 13 時	3 日 1 時	3 時 2 分	5 日 3 時
吃完所花時間 B	8 日 1 時	16 日	5 日 6 時	1 日 19 時	2 時 1 分	5 日 7 時
吃完所花時間 C	7 日 12 時	16 日	6 日 2 時	5 日 4 時	2 時 47 分	6 日 12 時
平均所花時間(日)	約 7.82 日	約 16.33 日	約 5.63 日	約 3.33 日	約 0.11 日	約 5.80 日
清食完速率比序	5	6	3	2	1	4

註: 1.上述時間是指從放入大肚魚屍體到屍體被吃完的總時間(包含了一開始的物種對大肚魚屍體的搜尋時間+處理時間+沒吃完的等待時間直到屍骸不見或僅剩脊椎骨)

2.平均時間用四捨五入法取小數到第二位。

(三)、討論:1. 紅邊組及姬龍蝨組幾乎無剩餘屍骸。

2. 琵琶鼠魚組及福壽螺組仍有一些屍屑。

3. 溪蝦組、翻轉螺組仍剩脊椎骨。綜合上述，若有紅邊大龍蝨存在的水塘，牠便是最有效率的水中清道夫(食屍性分解者)。

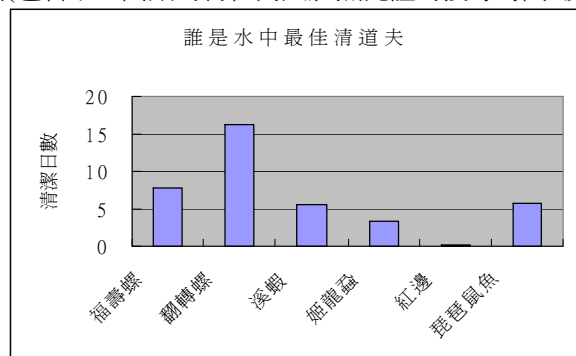


圖 4-9 各分解者清食日數統計圖

三、紅邊的覓食選擇偏好

※想法:延續研究三之一，既然紅邊是屬於肉食兼腐食性的水中昆蟲，除了屍體外，那牠是否有偏好吃食水中的那些活體呢?

(一)方法：1.設置五盒(ABCDE)塑膠箱，各放入紅邊成蟲一隻、赤蛙科蝌蚪、大肚魚、福壽螺、翻轉螺各五隻。2.每次觀察一週，紀錄並計算被捕食的隻數與種類，每做完一週便將每盒物種補足五隻，重覆四週，計算四次的平均值，以推論紅邊的取食偏好。

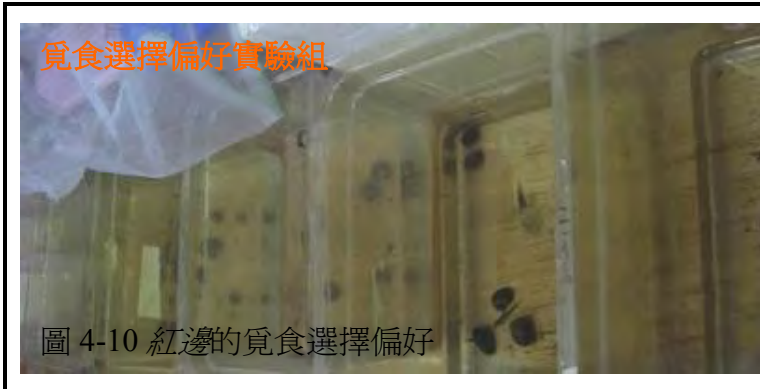
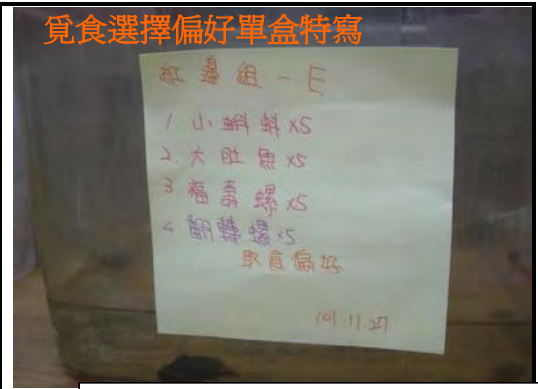


圖 4-10 紅邊的覓食選擇偏好



覓食選擇偏好單盒特寫

(二)結果：表 4-9 為 5 盒實驗組中每週物種被吃食的平均數

5 盒吃食的平均數量	赤蛙科蝌蚪	大肚魚	福壽螺	翻轉螺
第一週	3.6	0.8	1	1.4
第二週	4.2	1.6	0.6	1.8
第三週	4.2	3.8	1	1.2
第四週	2.8	3	0.6	1.8
四週被吃的平均數(隻)	3.7	2.2	0.8	1.55

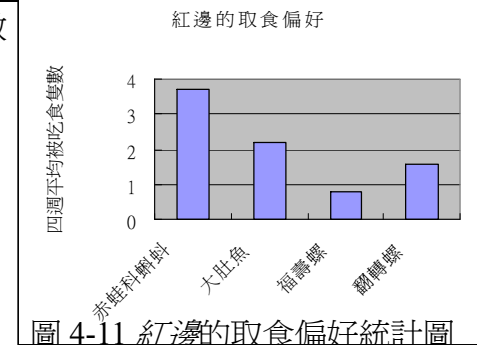


圖 4-11 紅邊的取食偏好統計圖

(三)討論:1.結果得知紅邊捕食到蝌蚪的機率較其他物種高，以生物量來分析的話，雖然大肚魚比蝌蚪大，理論上紅邊應該會選擇吃食大肚魚，但蝌蚪游速相對比較慢，因此被捕捉率蝌蚪較高。2. 同樣行動緩慢的螺類，但福壽螺的生物量比翻轉螺大，為什麼翻轉螺被補食率卻比福壽螺大呢?我們發現由於福壽螺有螺蓋而翻轉螺卻沒有，因此紅邊想吃福壽螺得花費較多力氣(耗費較多能量)去除螺蓋，因此翻轉螺被捕食率大於福壽螺，綜合上述，在野外水田中，被紅邊吃食的機率順序分別為蝌蚪> 大肚魚> 翻轉螺> 福壽螺。

四、紅邊在水中的耐飢力是多久?

※想法:若紅邊一直找不到食物吃食，能存活多久呢?

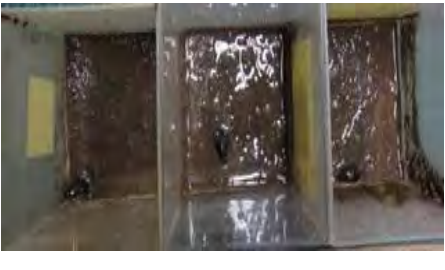
(一)方法：1.將五隻紅邊成蟲放入五盒一公升容器，容器內各加水 600 cc，並放入沉水性水草使其攀附。2.實驗過程中將紅邊放置陰影處(不被太陽所直射處)。3.觀察紅邊不進食耐受度為何。結果如下表 4-10 水中耐飢力時間表 實驗期間:102 年 1 月 28 日 到 102 年 3 月 25 日

	<p>耐飢共五盒</p>	<p>(二)結果:實驗初期，紅邊會邊游邊利用觸角搜尋是否有食物，後期紅邊幾乎攀附在水草上或在底層，只有人為干擾才會游動，直到 3 月 25 日發現有紅邊呈現奄奄一息狀態，我們即中止實驗。因此紅邊的耐飢力約為兩個月。</p>
--	--------------	---

五、紅邊在潮溼的泥土其生存力是多久？

※想法:若遇到枯水期，即僅有潮溼的環境而沒有積水，紅邊的生存力是多久？

(一)方法:1.將三隻紅邊成蟲分別放入三盒一公升容器，內放入泥土，加適量的水使呈泥濘狀，但紅邊是裸露停棲在土上，無水可游泳的狀態。2.在各容器內放置一隻大肚魚屍體使其吃食。3.容器上用紗網蓋住，防止其飛離。 結果如下表 4-11 枯水期時生存力時間表

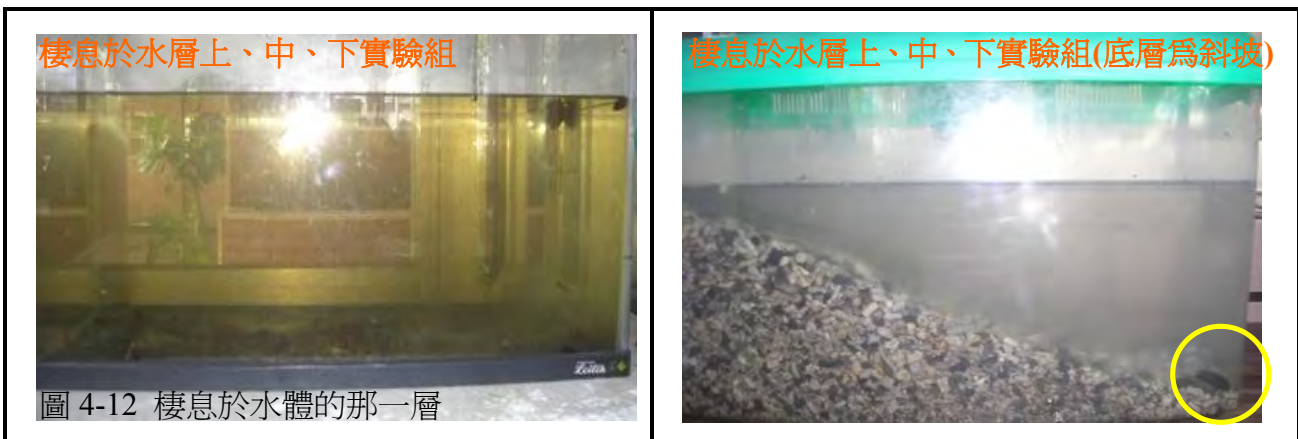
	<p>實驗共三盒</p>	<p>(二)結果:1.大肚魚屍體都完好無缺，紅邊皆無進食，實驗過程中紅邊會飛起，因有紗網攔住，無法飛出;除飛行外，紅邊也會爬行，大部分時間停在定點。2.實驗第 11 天時有一隻呈現奄奄一息狀態，另外兩隻為 16 天，其平均為 14.33 天。因此若遇到枯水期，又無法飛出該無水環境，其生存力為 14.33 天。</p>
---	--------------	---

(三)研究四、五綜合討論:1.紅邊在有水的環境，即使水中無食物，也沒有飛起，即無法從水中飛離。我們推測紅邊無法在水中張開其翅鞘，無法克服水的壓力，因此會因為沒有食物而死在水中，除非有挺水植物，紅邊爬離水面才有機會飛行。(飼養過程中曾發現紅邊爬至水芋莖上離開水面)。2.在陸地上，無水環境，紅邊都沒有吃食大肚魚屍體，我們推測要有水的媒介，其觸角才能發揮其嗅覺的功能以便導引紅邊吃食屍體;實驗五的過程中，紅邊數度飛起，由於沒有水的壓力，才可展翅飛起，因此我們推論如遇枯水期，紅邊便會飛起遷徙到有利的環境。

六、紅邊喜歡棲息在水體中的上、中、下哪一層呢？

※想法:我們知道紅邊是水棲昆蟲之一，但其棲位是屬於哪一階層呢？

(一)方法:1.於水位高度 30cm 的魚缸(高度等分成 3 等分;上、中、下各 10cm)內放入 5 隻紅邊，底層鋪設底土，從上午 8:00 開始實驗，於每節下課記錄其在各層的數量，連續記錄五天，統計分析其結果。2.將底層改為用砂石堆砌成斜坡，放入一隻紅邊，於每節下課觀察其棲息位置，測試底層高度不一，是否結果有所改變。(最高點接近水面，最低點為飼養箱底層，垂直高度為 10cm)連續記錄五天，重複相同實驗 3 次。

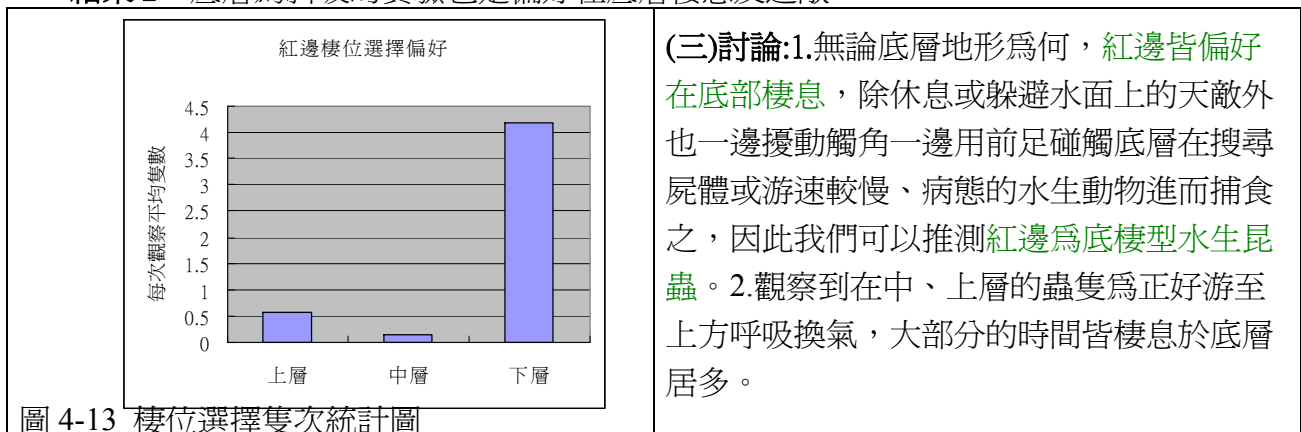


(二)結果 1: 如下表 4-12 表 4-12 棲息於水體上、中、下層的隻次統計表

觀測時間	12/17	12/18	12/19	12/20	12/21
8:00	下層 4 隻上層 1 隻	下層 3 隻中層 2 隻	下層 5 隻	下層 5 隻	下層 4 隻上層 1 隻
8:30	下層 5 隻	下層 4 隻中層 1 隻	下層 5 隻	下層 5 隻	下層 5 隻

9:15	下層 5 隻	下層 5 隻	下層 3 隻上層 2 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 5 隻
10:05	下層 2 隻上層 3 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 5 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 4 隻上層 1 隻
11:10	下層 5 隻	下層 5 隻	下層 5 隻	下層 5 隻	下層 3 隻上層 2 隻
12:00	下層 5 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 3 隻上層 2 隻	上層 5 隻
13:20	下層 4 隻中層 1 隻	下層 5 隻	下層 4 隻中層 1 隻	下層 5 隻	下層 3 隻上層 2 隻
14:10	下層 3 隻上層 2 隻	下層 3 隻上層 2 隻	下層 5 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 5 隻
15:00	下層 5 隻	下層 3 隻中層 2 隻	下層 4 隻中層 1 隻	下層 5 隻	下層 4 隻上層 1 隻
16:00	下層 4 隻上層 1 隻	下層 5 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 4 隻上層 1 隻	下層 5 隻
各觀測時段總計隻次	上層:28 隻		中層:8 隻	下層:209 隻	
平均每次觀察時棲位	上層:28 隻÷共 50 次觀察=0.56 隻		中層:8 隻÷共 50 次觀察=0.16 隻	下層:209 隻÷共 50 次觀察=4.18 隻	

結果 2：底層為斜坡的實驗也是偏好在底層棲息及避敵。

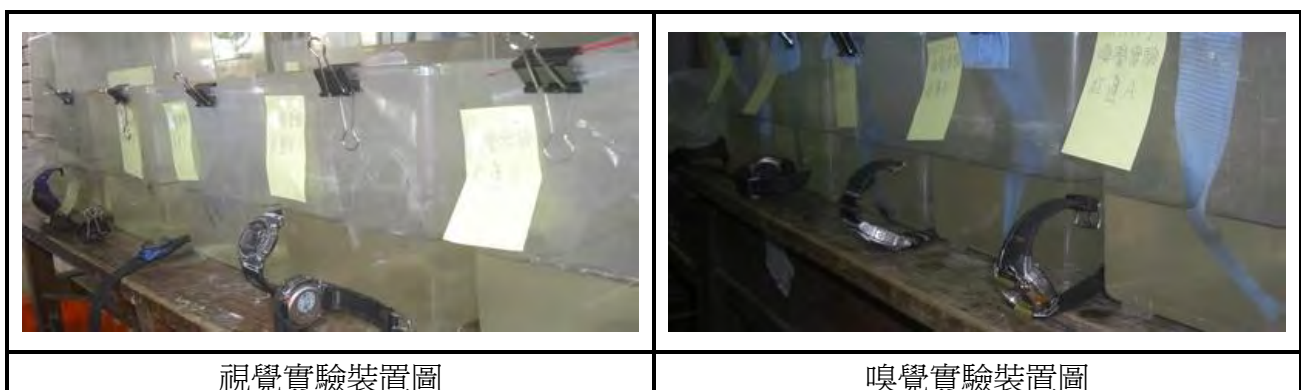


七、紅邊是靠嗅覺或視覺來搜尋獵物呢?

※想法:延伸研究三之一食性實驗及平日飼養時的觀察，發現明明餌料就在紅邊身旁，為什麼紅邊游過來游過去，卻無法精準地游到餌料位置，而是在餌料位置旁用前足點點點、觸角動動動(好像在找東西)才能找到食物呢?令我們不禁懷疑牠是否為「大近視眼」呢?於是我們設計底下實驗來驗證紅邊是靠嗅覺來找到獵物還是靠視覺。

(一)方法 1：1.分別設置五個塑膠箱(為 ABCDE 五組)，並各別放入一隻紅邊。2.將體長約 1cm 長的大肚魚屍體放置透明夾鏈袋內，使其可以「看見」獵物而「聞」不到。3.紀錄從將夾鏈袋放入水中而紅邊攀附住食餌所經過的搜尋時間，每組重複五次實驗。若有成功，則間隔五分鐘後再做下次實驗。 ※水溫為 18~20℃

方法 2：如上述步驟，但將透明夾鏈袋改成有色紗網，使大肚魚屍體味道能傳遞出來但紅邊「看不見」獵物。



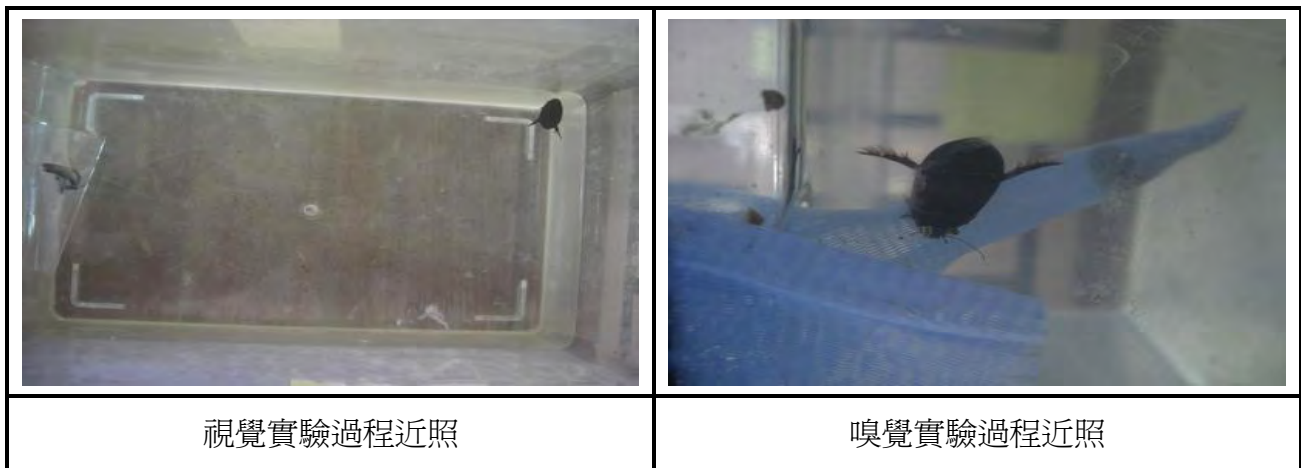


圖 4-14 視覺、嗅覺實驗裝置圖

(二)結果 1 與 2:視覺實驗組皆無攀附住夾鏈袋，都在箱底游動或停棲。而嗅覺實驗組共二十五次試驗其平均時間為 12 分 8 秒 51 毫秒。記錄詳如實驗日誌。

(三)討論 1 與 2:只有在嗅覺實驗組紅邊才有攀附住目標餌料，過程中發現紅邊的觸角一直在點動，推論觸角應具有大量的嗅覺接受器而視覺實驗組中的紅邊皆游來游去一直在搜尋而無法找到，從結果中很明顯的驗證出紅邊是個「大近視」而且主要是靠嗅覺來找到獵物。

※延伸實驗想法:溫度及震動是否也會影響紅邊搜尋到獵物呢?於是我們設計底下的實驗:

八、震動及溫度的改變是否會改變紅邊嗅覺的接受度而影響搜尋速率

(一)方法 1：實驗裝置及步驟如同研究七之二，另外以每五秒震動有色紗網的頻率來刺激紅邊，每組重複五次實驗，共二十五次。

方法 2：實驗裝置及步驟如同研究七之二，並利用控溫加熱器使水溫固定在 30°C，每組重複五次實驗，共二十五次。

方法 3:方法一與方法二兩項變因同時加入，即加溫又震動。

(二)結果 1：加溫實驗組紅邊搜尋到餌料目標物明顯快很多，其二十五組平均時間為 1 分 52 秒 96 毫秒。

結果 2：震動餌料實驗組紅邊搜尋到餌料目標物也比無震動者快，其二十五組平均時間為 4 分 47 秒 57 毫秒

結果 3：加溫及震動餌料搜尋到餌料目標物的平均實驗最短，其二十五組平均時間為:1 分 27 秒 82 毫秒。表 4-13 嗅覺及各變因影響搜尋時間表

僅利用嗅覺及加入變因搜尋餌料	各 25 組平均搜尋時間
無加溫組	12 分 8 秒 51 毫秒
震動組	4 分 47 秒 57 毫秒
加溫組(固定於 30°C)	1 分 52 秒 96 毫秒
加溫+震動組	1 分 27 秒 82 毫秒

※各組記錄詳如實驗日誌。

(二)綜合討論:結果顯示震動及高溫皆能幫助紅邊找尋到餌料，我們推論震動及高溫能使餌料在水中的氣味分子更快傳播出去，讓紅邊的味覺接受器感應到餌料位置進而找到確切位置。

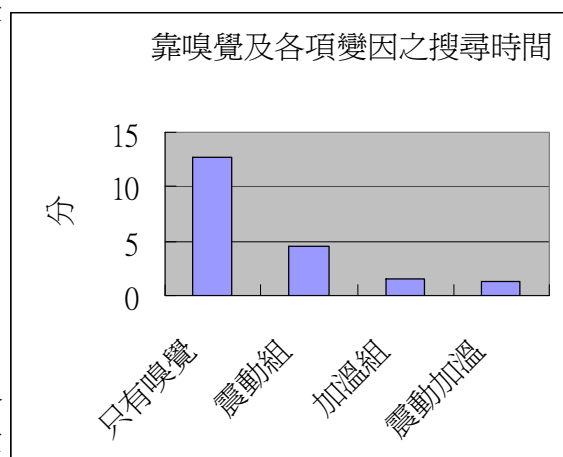


圖 4-15 嗅覺及各項變因的搜尋時間統計圖

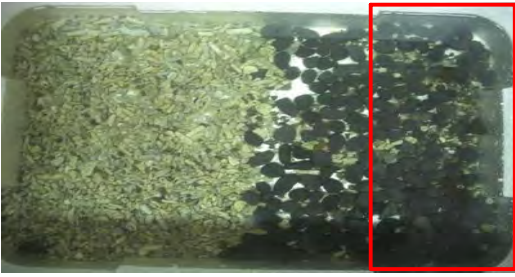
九、紅邊偏好何種顏色的環境呢？

※想法:雖然已證實紅邊是大近視眼，但飼養過程中，晚上我們一打開水族箱上的燈，發現紅邊就像遇到天敵般到處亂竄，急著找地方躲藏，可見至少牠能感測光線的明暗，因此我們設置底下的實驗，驗證除了牠能感測光線的明暗外是否還有顏色的偏好。

(一)方法 1:(1).將保麗龍箱平分成兩部份，底層各鋪設黑色及白色的石頭。(2).放入十隻紅邊，每日觀察紀錄 3 次 (8:00、12:40、16:00)，記錄隻數，持續五天。(3).計數躲藏在底石及上來換氣的都包含在內。(4).餵食時平均分散位置投擲，以免影響實驗結果。

(二)結果：如下表 4-14 顏色偏好統計表 ※絕大部分時間紅邊皆停棲於黑色石頭區域。

時間	顏色	白色底石一邊	黑色底石一邊
101.11.19 早上 8:00		3	7
101.11.19 中午 12:40		2	8
101.11.19 下午 16:00		3	7
101.11.20 早上 8:00		6	4
101.11.20 中午 12:40		1	9
101.11.20 下午 16:00		4	6
101.11.21 早上 8:00		3	7
101.11.21 中午 12:40		5	5
101.11.21 下午 16:00		2	8
101.11.22 早上 8:00		0	10
101.11.22 中午 12:40		4	6
101.11.22 下午 16:00		3	7
101.11.23 早上 8:00		2	8
101.11.23 中午 12:40		3	7
101.11.23 下午 16:00		3	7
平均出現隻次		2.93	7.07



紅框為紅邊聚集處

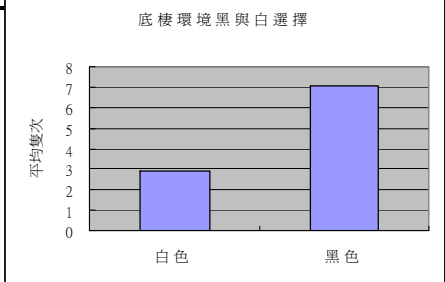


圖 4-15 底棲環境選擇隻次統計圖

(一)方法 2:(1)準備七種珍珠板分別是白色、紅色、橘色、黃色、綠色、藍色、黑色，每個硬塑膠盒貼上兩種不同顏色的珍珠板，依交叉配對共有 21 組模式，每組測試 5 隻成蟲，每隻重複實驗 3 次，每次維期 1 小時，記錄其待在哪一種顏色區域。



圖 4-16 底棲環境顏色選擇實驗裝置

(二)結果 2：下表 4-15 中的實驗結果是指每種所在的顏色配對在 15 次的實驗中出現較多的次數。根據統計結果，因此紅邊 對顏色的偏好為黑色(7 組)>藍色(5 組)>紅色(4 組)>橘色(3 組)>黃色(2 組)>綠色(1 組)>白色(0 組)，因此紅邊比較偏好在暗色系的地方。

配對色系	白色	紅色	橘色	黃色	綠色	藍色	黑色
白色							
紅色	紅色						
橘色	橘色	紅色					
黃色	黃色	紅色	橘色				
綠色	綠色	紅色	橘色	黃色			
藍色	藍色	藍色	藍色	藍色	藍色		
黑色	黑色	黑色	黑色	黑色	黑色	黑色	

(三)討論:實驗結果顯示紅邊偏好在深色系棲所，推論因為暗色系環境能提供體色暗黑的紅邊相對安全的保護，因此偏好深色環境。

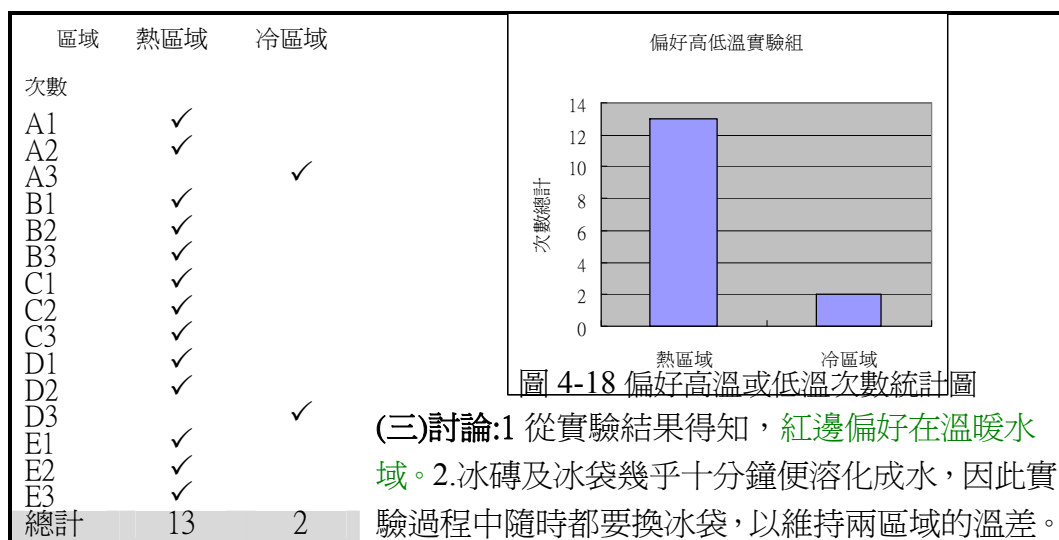
十、紅邊喜愛高溫或低溫

(一)方法：在低桶箱(70cm×45cm×13cm)中，一邊放置控溫加熱器設定為 35°C(周圍水溫約 25°C~32°C)，另一邊放置冰磚、冰袋(周圍水溫約 10°C~16°C)，將一隻紅邊放入，經過五分鐘後記錄其游至哪一邊並記錄之，每隻重複此步驟 3 次，並測量 5 隻(ABCDE)。



圖 4-17 偏好高溫或低溫實驗裝置

(二)結果:如下表 4-16 選擇偏好高溫或低溫次數統計表



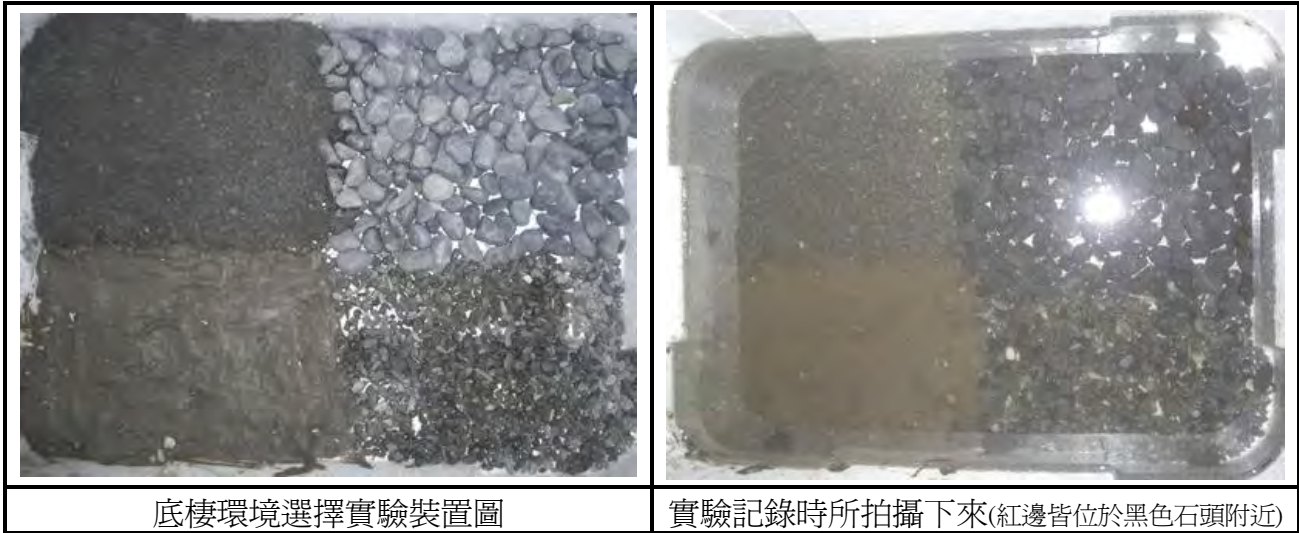
(三)討論:1 從實驗結果得知，紅邊偏好在溫暖水域。2.冰磚及冰袋幾乎十分鐘便溶化成水，因此實驗過程中隨時都要換冰袋，以維持兩區域的溫差。

十一、紅邊偏好哪一種底棲環境呢?

※想法:既然紅邊偏好深色系環境，那如果同樣皆為暗色系但材質不一樣的底棲環境，那牠會比較喜歡居住(躲藏)在哪裡呢?

(一)方法：1.將保麗龍箱底層劃分成四等分，分別設置(1).黑色粒徑約 25mm 的石頭、(2). 黑色粒徑約 10mm 的石頭、(3). 黑色粒徑約 1mm 的砂石、(4).模擬野外水田底層的汙泥。
2.放入十隻紅邊，每次記錄紅邊棲息在哪個區域，記錄時包含上來換氣時的區域隻次也算。

3.共記錄 32 次，在實驗過程中餵食時四個區域皆有投食，以避免因飼食而影響結果。



底棲環境選擇實驗裝置圖

實驗記錄時所拍攝下來(紅邊皆位於黑色石頭附近)

圖 4-19 不一樣材質的底棲環境

(二)結果: 如下表 4-17 選擇不同底棲環境隻次統計表

種類	25mm 石頭	10mm 石頭	1mm 砂石	汙泥
1	0	9	0	1
2	4	4	2	0
3	9	1	0	0
4	4	6	0	0
5	4	5	0	1
6	1	5	0	4
7	3	4	0	3
8	4	5	0	1
9	3	5	1	1
10	7	3	0	0
11	3	3	2	2
12	5	2	3	0
13	8	2	0	0
14	1	7	2	0
15	3	7	0	0
16	5	5	0	0
17	5	5	0	0
18	10	0	0	0
19	5	4	1	0
20	3	6	0	1
21	4	5	0	1
22	6	3	1	0
23	1	9	0	0
24	6	3	0	1
25	6	3	1	0
26	4	5	1	0
27	2	6	1	1
28	7	2	0	1
29	3	7	0	0
30	4	3	2	1
31	3	6	0	1
32	6	3	0	1
總計	139	143	17	21

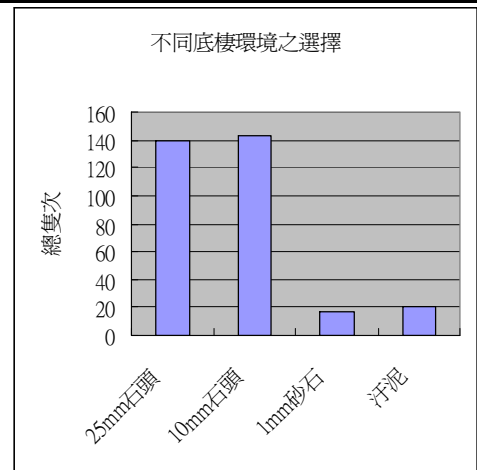


圖 4-20 不同底棲環境選擇統計圖

(三)討論:實驗結果令我們很吃驚，原以為紅邊會偏好在原棲地的地質，結果是偏好在 25mm 及 10mm 的黑色石頭區域棲息，令我們覺得很有趣，我們推論由於這兩區域裡的石粒與石粒間縫隙較大比起砂石及汙泥更容易躲藏，因此紅邊較喜歡在暗色系且有空間躲避的棲息地。

十二、紅邊對於各項水質的環境耐受度為何?

※想法:查閱相關資料得知有些水生昆蟲能當作水質的生物指標，那生存在一般淡水水塘、水田的紅邊是否也能反應出該水田的汙染程度呢?於是我們設計紅邊對各項水質的耐受度實驗(耐溫、耐酸耐鹼、耐鹽、油汙、濁度、校園生活汙水)。

(一)方法: 1.耐溫:(1)利用冰桶及冰塊，桶內放入一隻紅邊，控制其水溫，測試其耐冷度，重複實驗 3 隻。(2): 利用控溫加溫棒，控制其水溫，測試其耐熱度，重複實驗 3 隻。

2. 耐酸鹼度:分別調配 pH2.5、pH3.0、pH3.5、pH4.0、pH4.5、pH5.0、pH5.5、pH6.0、pH8.0、pH9.0、pH10.0、pH11.0、pH12.0 等溶液，將紅邊放至於調配的容器內維期一週，測試其耐酸鹼度，重

複實驗 3 隻。每盒實驗放入一隻大肚魚屍體予以餵食。

3. **耐鹽度**:調配鹽水溶液濃度分別為 1、5、10、15ppt，各放 1 隻紅邊，測試其耐鹽度，重複實驗 3 隻。每盒實驗放入一隻大肚魚屍體予以餵食。
 4. **油汙**:滴入沙拉油至一公升實驗容器各三個，使得水面上佈滿油，觀察紅邊的狀況。
 5. **濁度**:取三個一公升容器，底部黏上測水濁度裝置的沙奇盤，加入泥沙使其水變濁直至從水面上看不到沙奇盤，即濁度超過 100NTU，重複實驗 3 隻。
 - 6.取出**校園水溝的汙水**(汙染源有洗碗精、肥皂泡沫、牙膏泡沫…等)，分別放在三個一公升容器，先測其酸鹼度、溫度、溶氧量，記錄下來後各放入紅邊一隻，觀察其生活狀況。
- (二)結果: 1.**耐溫**:紅邊低溫耐受度實驗在冰桶內水溫 6°C 便後足平伸，在水中載浮載沈，無知覺樣態，我們立即將紅邊撈出後，放至室溫的水，不久便活了過來，因此低溫耐受度為 6°C;在高溫耐受度方面，當水溫升至 35°C 時，紅邊也呈現後足平伸狀態，我們也立即將之撈起。
2. **耐酸鹼度**:在 pH3.0 及 pH11.0 實驗組中發現紅邊呈現奄奄一息狀態便立即撈起。
 3. **耐鹽度**:實驗第三天時，在濃度 10 ppt 及 15ppt 的實驗組中發現紅邊活動力變差，呈現奄奄一息狀態，我們便停止實驗。
 4. **油汙**:實驗過程中，紅邊一直想衝破水表面上的油膜，有一兩次有突破成功，我們發現油確實使得紅邊無法在該水質中生存，我們將紅邊撈起後，一直用水清洗紅邊將身體的油沖掉，但實驗後的紅邊皆無一幸免。
 - 5.**濁度**:不管水中懸浮物質再多，有多混濁，紅邊依然能生存自如。
 - 6.**校園水溝的汙水**:即使水中溶氧偏低(< 2mg/L)，紅邊仍生存的很好，活動自如。

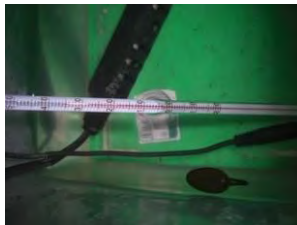



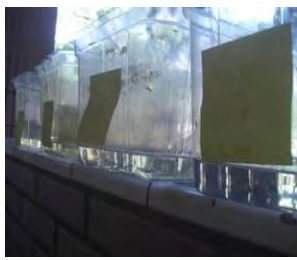





			
冰桶內耐低溫實驗	耐高溫實驗	調配酸鹼液	調配好的酸液
			
調配好的鹼液	調配各濃度的鹽水	沙拉油水溶液	紅邊突破油面呼吸
			
測濁度沙奇盤組	濁度實驗(已不見沙奇盤)	用溶氧指示劑測水溝水	校園生活汙水 VS 紅邊

圖 4-21 紅邊對於各項水質的耐受度實驗

(三)討論:

綜合上述水質環境容忍度實驗結果發現:紅邊的溫度耐受度在 6°C~35°C 之間,可謂廣溫性動物;鹽度耐受度在 10 ppt 以下,一般淡水域(即鹽度小於千分之三),海水的鹽度平均約為 34.5ppt,因此紅邊如果被流水沖至河口溼地(鹽度約 6~10ppt),我們推論依然可以存活;酸鹼值容忍度為 pH3.0~pH11.0 之間,因此推論可適應於各種酸鹼性湖泊,如火成岩區的湖泊(酸性)例:大屯山夢幻湖及變質岩區的湖泊(鹼性) ex.宜蘭的翠峰湖,也無懼酸雨(pH5.5 以下)的侵襲;在濁度容忍度方面也能克服幾近完全混濁的環境(濁度超過 100NTU),但對紅邊最具威脅性的是水環境受到油質污染,不管水中的溶氧是高或低,紅邊呼吸時是需要到水面上呼吸換氣的,但實驗時發現紅邊要很賣力才能突破油面而呼吸,在油污染實驗平均約 8 分鐘呈現奄奄一息狀態,我們推論是油沫阻擋其氣孔,使之無法呼吸導致窒息。在校園水溝的污水實驗組(pH 為 7.7)中發現,即使水中溶氧量偏低(< 2mg/L)屬重度污染水質指標之一,紅邊仍可生存,因此我們推論紅邊是對環境忍受度很高的水生昆蟲,只要水不要受到大量油質污染,導致無法突破水面呼吸,那麼紅邊是可以生存得很好,因此若在水田發現有紅邊的屍體,該水體可能受到嚴重的污染,換言之,紅邊可當作嚴重污染的生物指標之一。

註:在行政院環境保護署所編的世界水質監測日活動手冊中指出嚴重污染的水生昆蟲指標有螻蛄類、紅蟲、管尾蟲,但沒有紅邊龍蝨,依實驗結果可建議列入紅邊大龍蝨。

【研究四】探討紅邊大龍蝨的動物行爲

※想法:在文獻探討過程中,我們得知紅邊不僅是水生昆蟲而且能離開水面行動甚至能飛行,是陸海空三棲部隊,但皆沒有文獻記載到底游多快、爬多快、飛多快,於是我們設計底下的實驗來解惑。

一、游泳行爲:1 方法:(1).觀察紅邊的游泳模式。(2).隨機選雄雌各五隻,將其放置簡易的游道(起始點至終點為 30cm),以碼錶記錄游全程一次時間。(3).每隻測十次,雄雌各測五十次,平均其游泳時間,再利用 30cm 除以平均時間,計算游泳的平均速率。實驗中若有停止不游的則不採計。

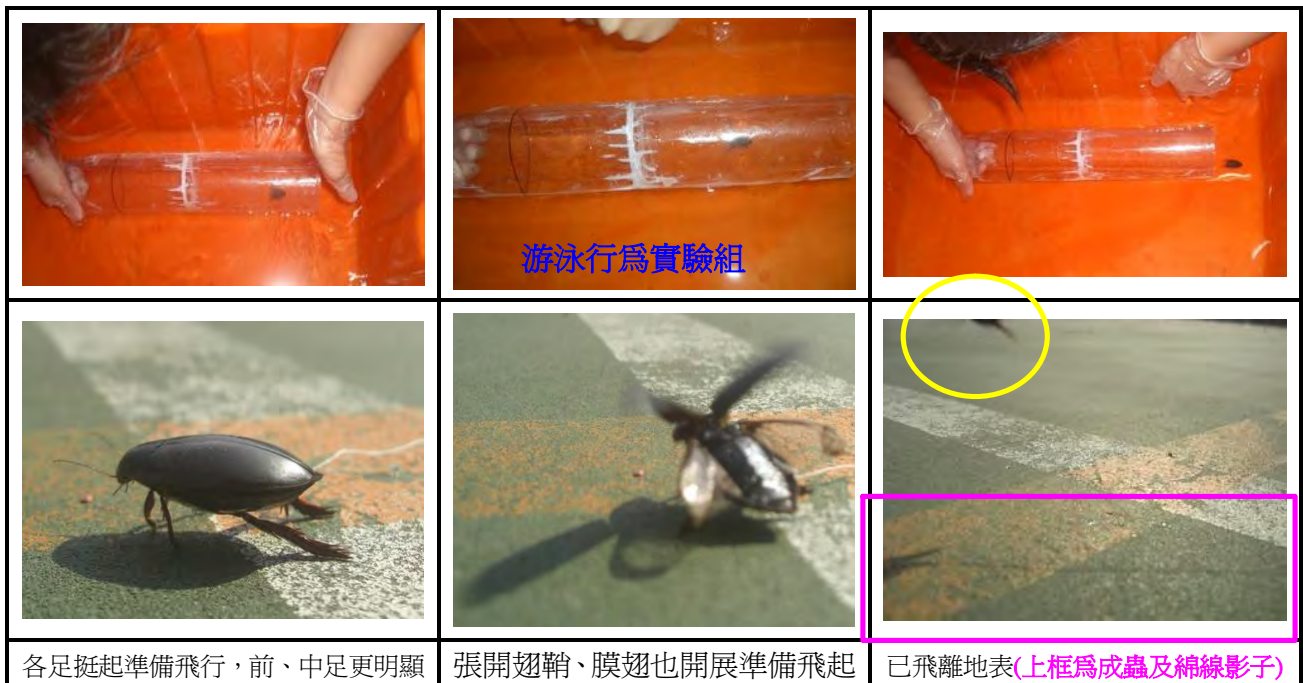
二、爬行行爲:1 方法:(1).觀察紅邊的爬行模式。(2).隨機選雄雌各五隻,將其放置簡易的游道(起始點至終點為 30cm),以碼錶紀錄爬全程一次時間。(3).每隻測五次,雄雌各測二十五次,平均其爬行時間,再利用 30cm 除以平均時間,計算爬行的平均速率。實驗中若有停止不爬的則不採計。

三、飛行行爲:1 方法:(1).利用綿線將紅邊的後足綁住,觀察紅邊從爬行到起飛的模式。(2).從飛起到落下紀錄所經過的時間及利用皮尺量測模擬所飛行的距離。(3).利用飛行的距離÷飛行時間算出飛行平均速率。

2.結果:游泳行爲:游泳時,前足、中足一般為蜷縮著,有時中足也會左右擺動,後足為像蛙式划水般同步游動,利用後足上的剛毛將水往後推。下表 4-18 為雄雌游泳各五十次的平均值。

爬行行爲:爬行時六足皆有接觸地面,以三點模式前進,但有時會停在通道內,該數據不予採計,休息五分鐘,重新測量。下表 4-19 為雄雌爬行各二十五次的平均值。

飛行行爲:下表 4-20 為飛行十六次的平均值。



各足挺起準備飛行，前、中足更明顯

張開翅鞘、膜翅也開展準備飛起

已飛離地表(上框為成蟲及綿線影子)

圖 4-22 游泳、飛行等行為實驗圖

表 4-18 游速平均值

性別	雄	雌
平均秒數(秒)	4'43"	3'77"
平均游速(cm/s)	6.77	7.96

表 4-19 爬速平均值

性別	雄	雌
平均秒數(秒)	14'14"	18'67"
平均爬速(cm/s)	2.13	1.61

表 4-20 飛速平均值

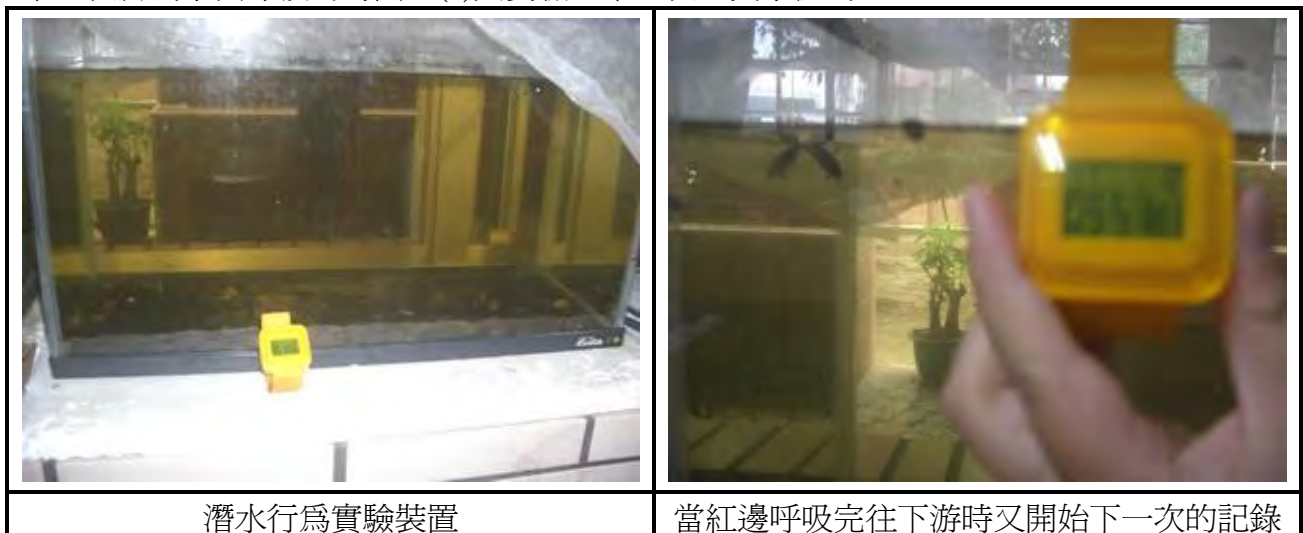
平均距離(cm)	1698.56
平均秒數(秒)	9.56
平均飛速(cm/s)	172.26

※討論:1.游速雌 > 雄，可能為

雌蟲體型稍大，浮力便較大，因而游速較快些，但在陸地上爬行時已無浮力，其體型大便較重，因此爬速雄 > 雌。2.在起飛前紅邊會先爬行，爬行一段距離後停住(此時前中足挺起全身)，再來會全身震動，利用手指去觸摸其翅鞘能明顯感受出震動(麻麻的)，並且會利用前足去刷其觸角，我們推論紅邊震動是爲了預熱內翅或將內翅的水分震掉;刷觸角是爲了感測飛行方向，因爲我們發現紅邊飛行方向幾乎是逆風(迎風)方向，我們推論應與逆風能幫助其飛行升力有關。

四、潛水行為:在一般狀況下，紅邊能在水中待多久才會上來呼吸呢?

1.方法: (1)隨機選取五隻紅邊(ABCDE)，每隻實驗五次，每次潛水時間定義爲在水面上呼吸到下一次再到水面呼吸的時間。(2)共實驗二十五次。其水溫爲 24℃



潛水行為實驗裝置

當紅邊呼吸完往下游時又開始下一次的記錄

圖 4-23 潛水行為

2.結果: 如下表 4-21 雄雌各二十五次實驗平均表

雄的潛水平均時間	雌的潛水平均時間
5 分 15 秒 26 毫秒	7 分 26 秒

※各組記錄詳如實驗日誌。

3.討論:雌蟲比雄蟲能潛水更久,我們歸納兩個原因:(1)因為雌蟲體型比雄蟲稍大些,因此存氧氣的空間也較大。(2)在平日飼養觀察時,我們發現雄蟲比雌蟲更快找到餌料,即比較好動,較勤於搜尋,因此耗氧量較快,需要較快上來水面換氣。

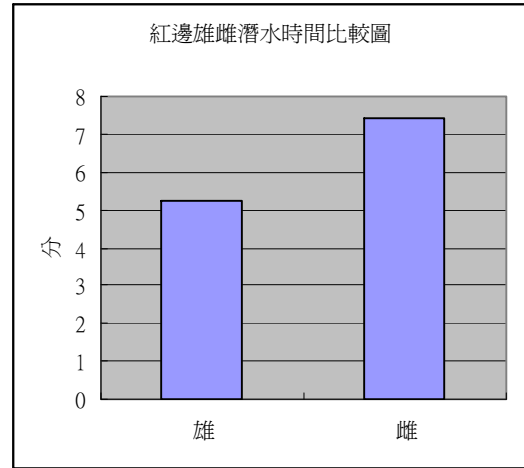


圖 4-23 雄雌潛水時間比較圖

五、釋放分泌物:紅邊會分泌化學物質嗎?那分泌物會對水中生物有影響嗎?

※想法:收籠時發現紅邊會分泌一種物質,而且實驗過程中也有觀察到牠有分泌物,因此設計相關實驗來解惑。

1.方法:(1)長期飼養過程中,仔細觀察記錄紅邊在什麼情況下會有特殊分泌物產生。(2)利用夾鏈袋收集分泌物,利用 pH 儀測量酸鹼度。(3)夾鏈袋收集到的分泌物(分為一隻紅邊分泌的量及五隻紅邊分泌的量)加入其他水中生物(大肚魚(五組)、蝌蚪、黑殼蝦、翻轉螺、福壽螺、姬龍蝨、負子蟲、點三、橙斑、紅邊)中各三組,各組編號為 ABC,觀察有何影響,若有影響需經過多久會有作用。

2.結果:(1)我們發現紅邊有三處地方會有分泌物產生,分別是口器、前胸背板與頭部接縫處及前胸背板兩側、腹部尾端。通常於擾亂抓取時分泌出來,有時也在水中分泌且雄雌皆會分泌。

表 4-22 紅邊各分泌物的狀態描述

分泌部位	分泌物狀態
口器	有黃綠色的也有黑色的,噴出後於 3~5 秒即溶於水中。
前胸背板與頭部接縫處	顏色呈乳狀淡藍色液體,其雄雌分泌量約 0.5 cc 左右。氣味惡臭,大部分擾亂牠時皆會分泌。分泌後需隔一天以上才會再分泌,收集後量測其 pH 值為 8.0。
腹部尾端	顏色呈無色透明狀,實驗過程中曾被射到,聞其無味,我們推測為水。

(2)-1 分別將一隻紅邊所分泌的乳狀淡藍色液體各別與水中生物(大肚魚、蝌蚪、黑殼蝦、翻轉螺、福壽螺、姬龍蝨、負子蟲、點三、橙斑、紅邊)放在一起→結果水中生物皆存活,無異狀。

(2)-2 分別將五隻紅邊所分泌的乳狀淡藍色液體各別與上述水中生物放在一起→有影響(蝌蚪及大肚魚最後呈昏迷狀態)但其餘生物(黑殼蝦、翻轉螺、福壽螺、姬龍蝨、負子蟲、點三、橙斑、紅邊)仍存活。

下表 4-23 為五隻紅邊分泌物對蝌蚪及大肚魚的影響狀態描述

生物	組別	觀察描述	昏迷時間
蝌蚪 (三組)	A	分泌物加入時,蝌蚪感到無力狀態,於 27 分 4 秒 49 毫秒時,蝌蚪側翻於容器底部,呈現奄奄一息狀態後撈至另一裝水的容器,到了隔天,蝌蚪又恢復原本游動自如的模樣。	平均昏迷時間 約 29 分 52 秒
	B	此隻於 48 分 28 秒 46 毫秒時呈現翻肚狀態。將其撈起放入自來水後,隔天又活了起來。	
	C	此隻於 1 分 5 秒後呈現暈迷狀態。14 分 3 秒 4 毫秒後嚴重暈迷。17 分 54 秒 94 毫秒後就不動了。	
大肚魚 (五組)	A	於 24 分 22 秒 22 毫秒呈現昏迷後翻肚。	平均昏迷時間 24 分 0 秒 92 毫秒
	B	於 24 分 42 秒 47 毫秒呈現昏迷後翻肚。	
	C	於 25 分 07 秒 13 毫秒呈現昏迷後翻肚。	
	D	於 27 分 42 秒 82 毫秒呈現昏迷後翻肚。	
	E	於 21 分 9 秒 97 毫秒呈現昏迷後翻肚。	












		
紅邊分泌乳狀淡藍色液體	收集乳狀淡藍色液體	利用 pH 儀測其酸鹼度
		
各別收集五隻紅邊的分泌物	分泌物加入大肚魚裡	計時多久會有影響
		
五隻紅邊分泌物使大肚魚昏迷	分泌物加入蝌蚪實驗組	五隻紅邊分泌物使得蝌蚪呈現昏迷側翻
		
五隻紅邊分泌物使另一隻蝌蚪昏迷	分泌物 vs 黑殼蝦組(安然無恙)	分泌物 vs 翻轉螺組(安然無恙)

圖 4-24 分泌物對水中生物的影響

3.討論:1.除了做紅邊分泌物對水中生物的影響外，我們也有實驗點刻三線大龍蝨對水中生物的影響，結果發現同樣一隻或五隻大龍蝨的分泌物對水中生物的影響，點三的影響力>紅邊的影響力。

(實驗數據詳如實驗日誌)

加入分泌物大肚魚開始產生昏迷現象的五次平均時間	五隻點三的分泌物	五隻紅邊的分泌物
	14 分 58 秒 90 毫秒	24 分 0 秒 92 毫秒

表 4-24 五隻點三 vs 紅邊分泌物比較表

※大肚魚受分泌物的生理變化為:呼吸急促(嘴及鰓蓋動的特別快)→身體微呈 S 型(痙攣現象)→側翻游動後昏迷。

2.實驗結果得知，除了點刻三線大龍蝨會分泌乳狀淡藍色液體外，紅邊大龍蝨也會，但紅邊的分泌量是比較少的(點三約 1cc)。令我們不禁懷疑是否龍蝨都會分泌呢?我們進一步對同樣誘集到的姬龍蝨及灰龍蝨做測試，結果沒有分泌，證實並不是龍蝨皆會分泌。我們推想是否

只有大龍蝨屬的才會分泌，於是我們也對捕捉到的毛足大龍蝨、橙斑大龍蝨來測試，結果都會分泌，但仍會持續誘集，若能捕撈到其他大龍蝨屬的龍蝨(日本大龍蝨、短腹大龍蝨、大龍蝨)就能夠來驗證想法(大龍蝨屬的都會分泌)了，所以未來會更進一步來探討。

3.部分紅邊分泌大量(> 0.5 cc)的乳狀淡藍色液體後，出現自體死亡現象，我們推測紅邊釋放分泌物等於耗損很多能量，因此分泌過量可能會導致其身亡。

4.實驗結果顯示，紅邊的分泌物具有麻痺部分獵物的特性，因此我們推論紅邊覓食的方式除了地毯式的搜尋隨機找尋食物外(紅邊主要是靠嗅覺搜尋)，在找尋不到獵物時，非不得已的情況下會適量的釋放分泌物來使附近的獵物”中標”後昏迷，進而吃食之。

5.做分泌物對水中生物的影響實驗，結果除了大肚魚、蝌蚪以外其餘水中生物都生存得很好，我們推論同樣是水中生物，上述實驗對象的分類在於脊椎動物及非脊椎動物，因此我們推論紅邊的分泌物可能對有脊椎的動物有影響而且實驗中大肚魚有明顯的痙攣現象。其分泌物就像某些蜘蛛、蛇、蠍子、蜂、河豚有會作用於神經系統的物质，其目的是用來防禦掠食者或用來捕食獵物，未來可在進一步研究其他的大龍蝨屬的分泌物是否也會對脊椎動物造成影響。

六、取食量與密度的關係

※想法:紅邊會因為食物較多就吃得比較多嗎?

1.方法:(1)分別將五盒昆蟲箱(ABCDE)加入 2 公升的水，各別放入蝌蚪(赤蛙科)1、5、10、15、20 隻及紅邊各一隻，每週記錄一次。(2)次週再將不足額的蝌蚪補足。(3)定時餵蝌蚪魚飼料。(3)共記錄六次(六週)。

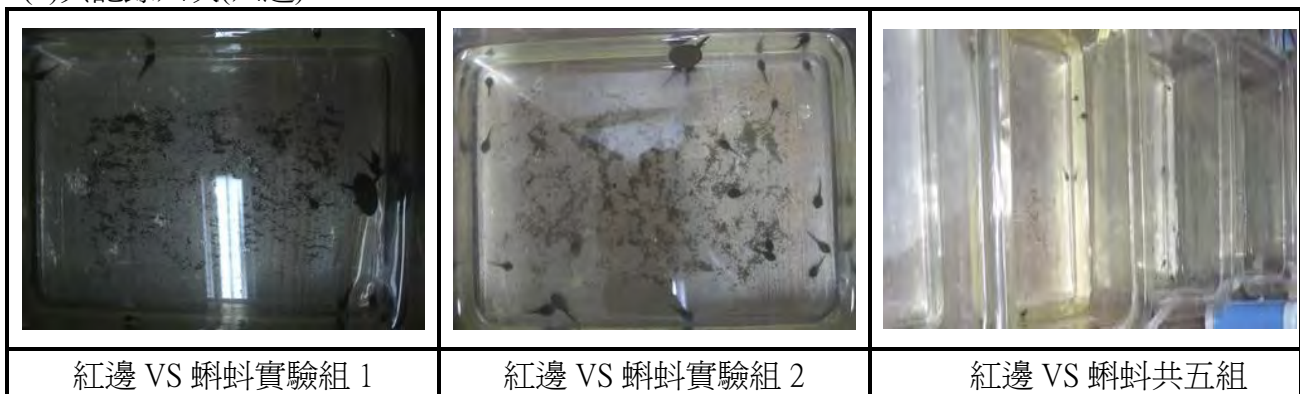


圖 4-25 取食量與密度實驗

2.結果:如下表 4-26 蝌蚪的密度與被補食關係表

蝌蚪被吃食數量	一隻組	五隻組	十隻組	十五隻組	二十隻組
第一週	1	0	7	10	6
第二週	1	1	8	13	10
第三週	1	1	6	12	17
第四週	1	2	6	11	3
第五週	1	0	3	7	13
第六週	1	0	7	6	17
被吃食平均	1	0.67	6.17	9.83	11
被吃食比率	100%	13.4%	61.7%	65.53%	55%

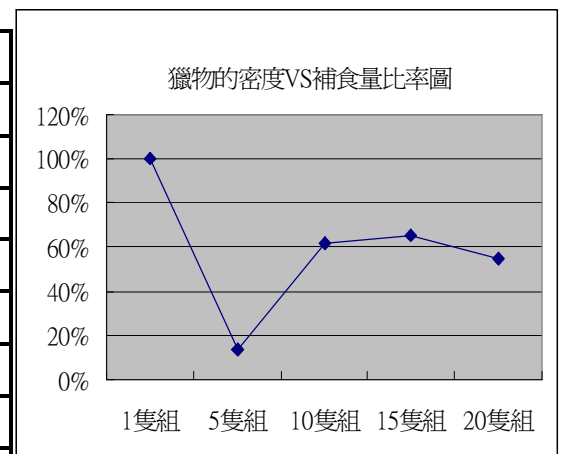


圖 4-26 蝌蚪的密度與被補食量的比率圖

3.討論:1.由結果顯示紅邊不會因為獵物增加其吃食量就隨之增加。2.在實驗過程中，發現有些蝌蚪游速變慢，甚至昏迷(側躺狀態)至死亡，推論應該是紅邊散發分泌物於水中，使得附近區域的蝌蚪”中標”後昏迷(推論分泌物對於神經元的離子通道有負面的影響)而被搜尋到進而吃食之。

七、群聚或獨居

※想法:飼養過程中發現紅邊有時群食有時搶食，那到底牠們是喜歡生活在一起或孤獨生活呢?

1.方法:(1)隨機取六隻紅邊放入塑膠桶中。(2)將塑膠桶畫分成六等分。(3)每天 8:00、13:00、16:00 觀察記錄共 3 次。(4)依照紅邊所在位置來記分，若 6 隻同在一格內，就得 6 分，4 隻在同一格，另兩隻在另一格則得 4 分，以最多隻在同一格來記分，以此類推。(5)餵食時以分散區域投食以避免影響結果。(6)實驗共計六天，共 18 次

2.結果:如下表 4-27

表 4-27 表示每次觀察的群聚隻數表

日期	3/1	3/4	3/5	3/6	3/7	3/8
早上	3	4	2	5	3	5
中午	4	3	5	6	4	3
下午	5	4	2	4	6	5

其平均為 4.05 > 3(中間值)，具有群聚習性。

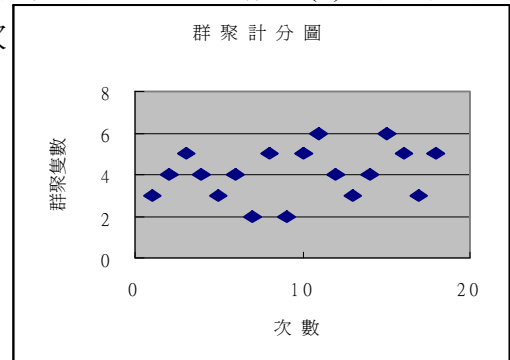


圖 4-27 群聚實驗計分圖

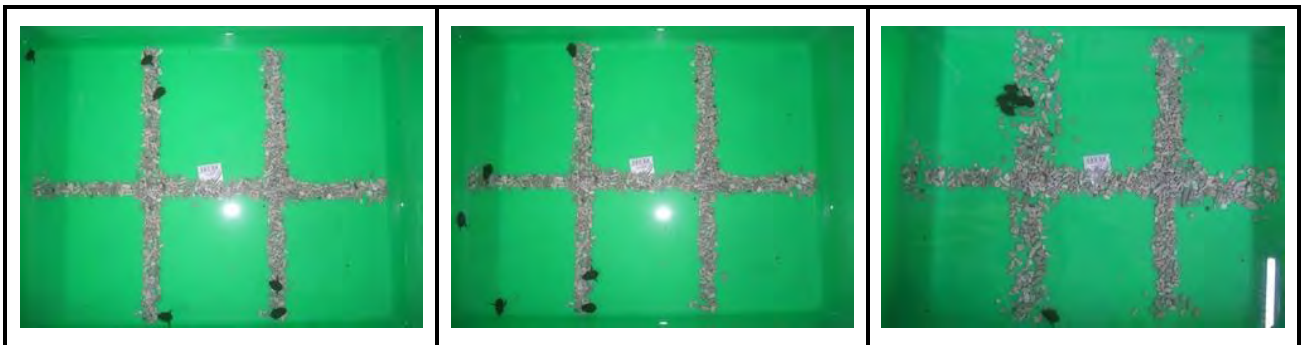


圖 4-28 群聚或獨居實驗組

3.討論:依據結果，我們推論紅邊之所以會群聚，是因為群聚能使個體被攻擊的機率降低。除此之外，當某一隻紅邊能搜尋到食物並咬破食物，使味道擴散開來，群聚便能更快速”聞”到食物，進而群食之，我們認為群聚是一種互助行爲。

八、競爭行爲

※想法:紅邊是肉食性兼腐食性昆蟲，那他們會互相攻擊或搶食物嗎?

1.方法-1:(1)長期觀察記錄水族箱中群養的紅邊，是否有互相攻擊的行爲。(2)餵食時觀察其吃食行爲。

2.結果:(1)紅邊彼此生活的很好，相安無事，沒有互相攻擊的現象，除非有死亡的紅邊，紅邊的屍體便會被其他的同類所吃食。(2)餵食紅邊時，若有一隻紅邊搜尋到餌料並吃食它時，便會引來其他同類群食之，我們推論這是因為一旦餌料被咬破，其味道擴散的更廣更快，因此才會有大量的紅邊過來群食，群食的過程中偶而也有搶食的行爲發生，即其中某一隻會試圖咬著餌料游至其他地方“獨享”。

※想法:既然紅邊主要是靠嗅覺來搜尋獵物，那到底是雄蟲搜尋較快或是雌蟲呢?

方法-2: (1)將五對紅邊分別放入五盒昆蟲箱。(2)利用體長約 1cm 的大肚魚屍體當作餌料。(3)當餌料一放入水裡便開始計時，直到第一隻紅邊搜尋到就先紀錄搜尋時間及性別。(4)當同一對紅邊的另一隻搜尋到時，記錄搜尋時間及性別。(5)每盒(每對)做五次實驗，共計二十五次。

(6)每次做完實驗時休息間隔 5 分鐘再繼續做下一次實驗。

※實驗期間水溫為 25~26°C

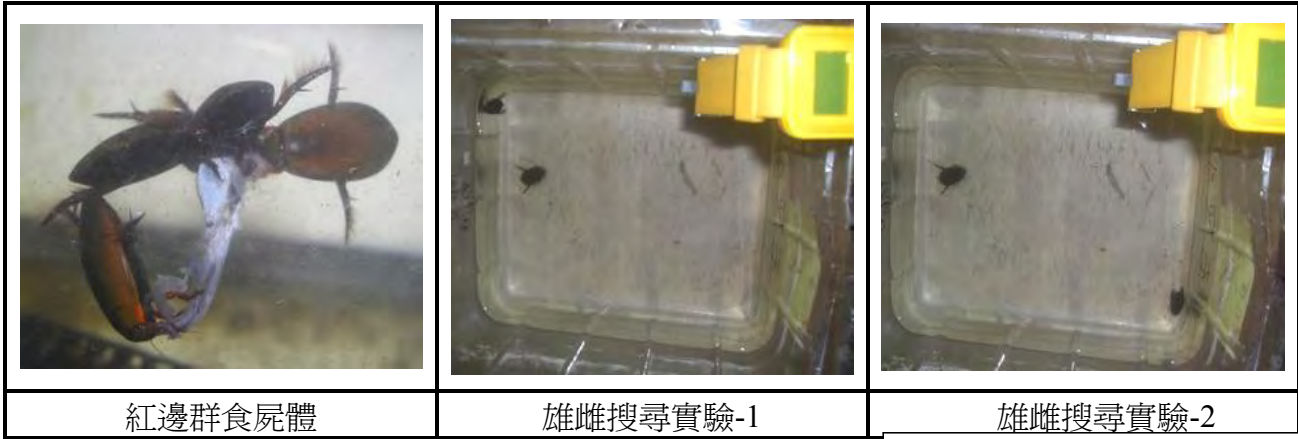


圖 4-29 雄雌搜尋速率比較實驗裝置

2.結果:(2)下表 4-28 為紅邊雄、雌成蟲搜尋能力比較的結果

性別	25 次中先搜尋到的次數	25 次搜尋平均時間
雄	21 次	5 分 36 秒 53 毫秒
雌	4 次	9 分 9 秒 97 毫秒

因此**搜尋速率：雄蟲 > 雌蟲**

※**想法**:紅邊除了種內競爭外，種間競爭有哪些競爭者呢?

1.方法-3: (1)取三個昆蟲箱 ABC。(2)每箱中各有水田常見的甲蟲:**紅邊大龍蝨、點刻三線大龍蝨、橙斑大龍蝨、姬龍蝨及姬牙蝨各一隻**。(3)將一隻孔雀魚的屍體放入各箱中當餌料。(4)記錄每箱中最先搜尋到餌料的水中甲蟲及最先搜尋到的時間。(5)每箱共實驗五次。

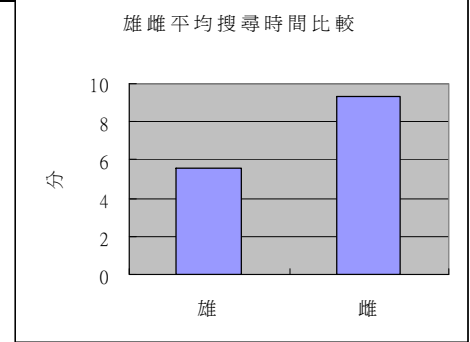


圖 4-30 雄雌平均搜尋時間比較圖



圖 4-31 種間競爭實驗組照片

2.結果:(3)如表 4-29。

表 4-29 為種間競爭 15 次實驗中的統計表

種類	各組中最快搜尋的次數	搜尋到餌料的平均時間
姬龍蝨	9	2 分 32 秒 77 毫秒
紅邊	4	2 分 26 秒 24 毫秒
姬牙蝨	2	2 分 5 秒 22 毫秒

※點三及橙斑大龍蝨最先搜尋到的次數為 0 次，而最先搜尋到的次數順序為姬龍蝨 > 紅邊 > 姬牙蝨

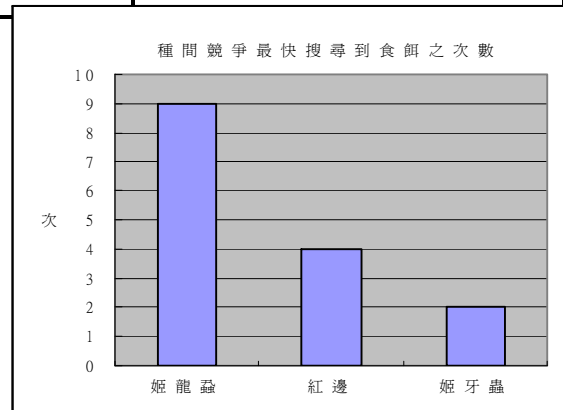


圖 4-32 種間競爭最快搜尋到的次數統計圖

綜合討論:1.實驗結果顯示**雄蟲搜尋能力顯著大於雌蟲**，可能是**雄蟲嗅覺感受器較多**因此較敏銳。2.實驗證明姬龍蝨、紅邊、牙蝨皆搜尋的比較快，但過程中，點三及橙斑也會過來吃食。因此在野外水田中，**食屍性分解者(龍蝨科、牙蝨科)都是紅邊的種間的競爭者**。

伍、 結論

- 一、分類地位為動物界/節肢動物門/昆蟲綱/鞘翅目/龍蝨科/大龍蝨屬的紅邊大龍蝨，其成蟲體長、體寬皆為雌蟲 > 雄蟲。雄雌的明顯差異在雄蟲前足跗節前三節特化成掌型吸盤狀，與點刻三線大龍蝨的差異在於點三體色呈墨綠色、背面兩側具黃褐色長條斑紋而且平均體長體寬較紅邊大，而紅邊無光照時體色呈黑色且前胸背板左右兩側側緣、前足、中足及後足呈現紅褐色。
- 二、紅邊為肉食兼腐食性，主要是靠嗅覺來搜尋食物(屍體類)，若有紅邊存在的水田，其分解屍體的速率是分解者中(福壽螺、翻轉螺、溪蝦、姬龍蝨、紅邊、琵琶鼠魚)最快的，是為食屍性分解者中很有效率的清道夫。
- 三、活體餌料中，紅邊偏好吃食的順序分別為蝌蚪 > 大肚魚 > 翻轉螺 > 福壽螺。
- 四、紅邊在水中的耐飢力約為兩個月，在無水環境下(僅有汙泥)其生存力約為 14.33 天。
- 五、紅邊大部分的時間皆在水域底部搜尋獵物，為底棲型水生昆蟲而搜尋能力雄蟲 > 雌蟲。
- 六、餌料的震動及水溫的升高皆能增加紅邊搜尋食物的速率。
- 七、紅邊偏好溫暖、深色環境且有空間躲避的棲息地。
- 八、紅邊的溫度耐受度在 6°C~35°C 之間，可謂廣溫性動物。鹽度耐受度在 10 ppt 以下。酸鹼值容忍度為 pH3.0~pH11.0 之間。在濁度容忍度方面也能克服幾近完全混濁的環境(濁度超過 100NTU)。紅邊是對環境忍受度很高的水生昆蟲，只要水不要受到大量油質汙染，導致無法突破水面呼吸，那麼紅邊是可以生存得很好，因此紅邊可當作嚴重汙染的生物指標之一。
- 九、紅邊為陸海空三棲的水生昆蟲，其雄雌蟲爬速平均為 1.87(cm/s)，游速平均為 7.365(cm/s)，飛速平均為 172.26(cm/s)。
- 十、雌蟲潛水平均時間 7 分 26 秒比雄蟲 5 分 15 秒 26 毫秒能潛水更久。
- 十一、紅邊於前胸背板與頭部接縫處及前胸背板兩側所分泌的乳狀淡藍色液體會使得大肚魚、蝌蚪昏迷甚至死亡，而對其它水生動物毫無影響，推論為該分泌物可能對於脊椎動物的神經系統有不良的影響，導致獵物麻痺而游速變慢或昏迷，紅邊進而吃食之。
- 十二、雄雌皆會分泌，其量約 0.5 cc 左右，而且並不是龍蝨皆會分泌，我們推論只有大龍蝨屬的才會分泌。

陸、參考文獻

- 書籍資料:
- 一、楊平世、何健鎔(2012)。蝶影蟲蹤-追蹤常見昆蟲。臺北市。九歌出版社。
 - 二、朱耀沂、盧耽(2010)。昆蟲 Q&A，初版。臺北市。天下遠見出版社。
 - 三、林益在(2005)。紅邊大龍蝨(*Cybister sugillatus* Erichson)之產卵行為與各蟲期的發育。臺灣大學昆蟲學研究所碩士論文，臺北市。
 - 四、吳怡欣、何嘉浩、楊平世(2003)。黃紋麗龍蝨(*Hydaticus vittatus*)之形態與生活。動物園學報 15: 7-16。
 - 五、吳怡欣、何嘉浩(2001)。點刻三線大龍蝨 (*Cybister tripunctatus* Olivier) 之形態與生活史研究。動物園學報 13: 1-9。
 - 六、張永仁(1998)。昆蟲圖鑑。臺北市。遠流出版社。

網路資料:

- 一、臺灣物種名錄-紅邊大龍蝨。民 101 年 8 月 30 日，取自
http://taibnet.sinica.edu.tw/chi/taibnet_species_detail.php?name_code=333097
- 二、臺灣大學昆蟲標本館數位典藏-龍蝨。民 101 年 9 月 18 日，取自
http://www.imdap.entomol.ntu.edu.tw/CommonInsectImage.php?CIindex=image&L=C&CI_ID=14236
- 三、蟲林探險趣-陸海空樣樣行-龍蝨。民 101 年 9 月 18 日，取自
<http://blog.jges.tc.edu.tw/lifetype12/index.php?op=ViewArticle&articleId=3368&blogId=145>
- 四、臺北動物園動物保育專欄-水生昆蟲的呼吸。民 101 年 9 月 22 日，取自
<http://member.zoo.gov.tw/epaper/>

柒、未來研究的方向

- 一、整個實驗的歷程中，所採集到的大龍蝨屬的龍蝨(紅邊大龍蝨、毛足大龍蝨、點刻三線大龍蝨、橙斑大龍蝨)皆會分泌乳狀淡藍色液體，未來若能採集到其它三種(日本大龍蝨、短腹大龍蝨、大龍蝨)，就能進一步實驗並證明是否大龍蝨屬的龍蝨皆會分泌。
- 二、由於學校設備有限，無法測出分泌物的成分，未來若能利用高科技儀器進一步測出該物質成分，說不定可萃取出對人類能有所貢獻的物質。

附錄:實驗過程中其他相關照片

		
<p>吃食陸生屍體蜈蚣</p>	<p>群食水中活體福壽螺</p>	<p>分泌物使大肚魚尾部呈現痙攣現象</p>
		
<p>分泌物漸漸使大肚魚游泳姿勢側翻即無法正常游泳，最後呈昏迷狀態</p>	<p>紅邊大龍蝨側面照特寫 (放置於桌面上時所拍)</p>	

【評語】 080310

1. 實驗設計嚴謹，針對紅邊大龍蝨的生活史、取食、禦敵行為進行詳細觀察紀錄。
2. 實驗宜聚焦於紅邊大龍蝨的特殊行為，如「分泌物」對周遭生物的影響，突顯其特色與生態價值。